

A Fig. 4.1 mostra o desenho esquemático do conjunto. Esta figura mostra uma moega com comporta regulável. Abrindo ou fechando essa comporta, regula-se maior ou menor vazão de material.

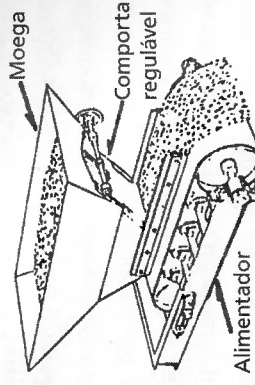


Fig. 4.1 Desenho esquemático do conjunto alimentador e moega

Quando opera sob silos, conforme recomendam Kelly e Spotswood (1982), o conjunto composto do silo, moega e alimentador deve ser projetado como sendo um sistema único, ou seja, os componentes devem ser dimensionados conjuntamente. Sabe-se que a boca da moega e a inclinação da parede da sua parte final são variáveis fundamentais para o escoamento contínuo e controlado do material estocado. A não observância dessa regra pode causar na moega os problemas típicos da ensilagem, como: fluxos irregulares, queda descontrolada do material do silo sobre o alimentador, descarga errática, interrupção parcial ou mesmo a parada completa do escoamento.

Tais fenômenos podem colocar em perigo a própria estrutura e estabilidade do silo, implicando riscos materiais e até humanos, pois uma enorme estrutura, como um silo entrando em colapso, pode pôr em perigo os trabalhadores. Assim, essa recomendação, mais do que garantir a continuidade de operação, visa preservar a integridade dos operadores e, em última instância, sua própria vida.

As operações de tratamento de minérios são operações extremamente pesadas, pois operam com material frequentemente grosso, denso, abrasivo e com bordas pontiagudas, podendo, ainda, gerar poeiras. Podem, também, trabalhar com materiais encharcados, gerando lamas. Assim, embora existam muitos tipos de alimentadores, poucos modelos são adequados a trabalho tão pesado e exigente quanto as operações de Tratamento de Minérios.

Os alimentadores usados no Tratamento de Minérios são, então, equipamentos bastante robustos que precisam apresentar condi-

4.1 Definições e características

Alimentadores ou extratores (*feeders*) são equipamentos utilizados para extrair materiais granulares ou pulverulentos de moegas, pilhas e silos de forma controlada e, assim, levá-los à operação seguinte.

Alimentadores são, portanto, máquinas colocadas entre operações para a regulação de fluxo, que permitem alimentar com diferentes vazões e até mesmo interromper totalmente o fluxo, quando necessário. Colocados sob pilhas ou silos, funcionam como equipamentos de regularização de fluxo. Assim, se uma operação trabalha em um regime diferente do da seguinte, será necessária a colocação de um estoque (pilha ou silo pulmão) e de um regularizador de fluxo que permita compatibilizar os regimes. Portanto, tanto para estocagem de grandes volumes como para de pequenos, o alimentador será responsável pela adequação das vazões entre processos.

Deve-se entender o alimentador como um conjunto composto do alimentador propriamente dito e da calha sobre este, que é chamada de moega - que não deve ser confundida com o silo de armazenagem. A moega é uma caixa que contém o material retirado da pilha ou do silo, e seu volume é pequeno; também visa manter o alimentador sempre abastecido com o material, além de evitar o impacto deste diretamente sobre o alimentador.

Quando dotada de comporta, a moega auxilia no controle da vazão de retirada do material da pilha ou do silo. Essa comporta permite regular a altura da camada sobre o alimentador, mais fina ou mais espessa e, dessa forma, atuar como um mecanismo auxiliar de regulação da vazão descarregada pelo alimentador.

ções mecânicas e estruturais adequadas a suportar os choques e esforços inerentes à sua operação. Assim, quando colocados sob pilhas ou silos, devem suportar toda a carga do material sobre eles, contendo-o e possibilitando a sua retirada o mais regularmente possível em termos de massa ou de volume, independentemente da quantidade de material existente no silo ou na moega. Isso implica dizer que o alimentador ideal desconhece a quantidade de material existente no silo e o descarrega a uma vazão constante, seja qual for a quantidade.

Ainda, em termos de carga, os projetistas mecânicos e de estruturas devem considerar a possibilidade de se formar um arco dentro da moega (analogamente ao que acontece nos silos) e este arco sofrer colapso. Nessa circunstância, todo o material que está sobre ela cai repentinamente sobre o alimentador, que precisa estar projetado para aguentar esse impacto.

Materiais pulverulentos e, particularmente, materiais coesivos ou grudentos (*sticky materials*), demandam alimentadores especialmente projetados para eles. Problema semelhante ocorre com materiais muito úmidos, pois, no caso de estes serem submetidos a vibração, como nos alimentadores vibratórios, esta pode causar ou acelerar a percolação da água para a base da pilha ou o fundo do silo, causando acúmulos de água no piso e a piora na escoabilidade do material nesses locais. Em razão disso, materiais molhados tendem a perder água mecanicamente até atingirem a umidade crítica, na qual a tensão neutra da água atinge o máximo e ocorre o ponto de maior coesão, ou seja, o mínimo de escoabilidade.

Essa condição é semelhante à construção de um castelo de areia: se a umidade for muito baixa ou muito alta, este não tem estabilidade. Na umidade crítica, atinge-se o máximo de coesão e pode-se construir o castelo. Acima dela, o castelo se desmancha sob seu próprio peso. O mesmo efeito pode ser observado sobre máquinas vibrantes ou pulsantes, como peneiras ou alimentadores vibratórios. A água migra para a base, sujando o piso, tornando-o perigosamente escorregadio, pois arrasta finos que revestem o piso com uma fina camada muito

lisa e deixa o minério acumulado muito coeso, dificultando ou mesmo impossibilitando a descarga.

Esse problema é particularmente danoso quando se retomam materiais finos. O escoamento de blocos grosseiros é pouco influenciado pela umidade.

Para permitir a retirada controlada do material estocado, os alimentadores dispõem de um ou mais mecanismos que, combinados, permitem a variação da vazão de descarga:

- ◆ ajuste da altura da camada descarregada através da abertura da comporta da tremonha;
- ◆ variação de velocidade;
- ◆ possibilidade de variação de parâmetros especiais do alimentador (como, por exemplo, controle da frequência ou da inclinação de alimentadores vibratórios).

Quando a regulação ocorre por meio da variação da altura da comporta de saída, deve-se adotar abertura mínima igual a, no mínimo, duas vezes o tamanho do maior bloco para material não bitolado e igual a três para material com granulometria uniforme. Essa altura (H) deverá, ainda, estar compreendida entre 1,2 e 1,5 vezes a altura da camada sobre o alimentador. Ela é calculada como função da largura do alimentador, da velocidade e da velocidade de transporte, pela expressão:

$$H = 1,2 \text{ a } 1,5 \cdot \frac{C}{60 \cdot W \cdot v \cdot \rho} \quad (4.1)$$

onde:

H = altura da camada de saída (m);

C = vazão de retomada (t/h);

W = largura da calha (m);

v = velocidade de deslocamento do material (m/min);

ρ = densidade aparente do material transportado (t/m³).

4.1.1 Características desejadas

Para um bom desempenho, é desejável que o conjunto alimentador e moega apresente as seguintes características:

- a) O alimentador deve ser o mais curto possível. É sempre preferível colocar um transportador associado ao alimentador do que construir alimentadores muito longos, seja pelo fato de essas máquinas serem muito mais caras que as máquinas de transporte equivalentes, seja pela maior fragilidade que máquinas grandes desse tipo apresentam, quando comparadas a outras menores.
- b) A inclinação da parede traseira da moega deve ser suficiente para permitir livre escoamento do material. Deve ser sempre superior a 60° , sendo razoável adotar 70° a 75° .
- c) A inclinação da parede frontal também deverá ser suficientemente inclinada para o escoamento do material. Deve-se usar, no mínimo, inclinação de 5° maior que a da parede traseira, ou mesmo vertical, pois muito materiais apresentam dificuldades de escoamento, aumentadas pela compressão do material dentro da moega, causada pelo arraste contra essa parede em decorrência do movimento do material.
- d) A largura da boca de saída (não é necessariamente a largura da calha do alimentador, como mostra a Fig. 4.2, vista frontal) deve ser, no mínimo, 2,5 vezes o diâmetro do maior fragmento presente na alimentação, para material não bitolado. Para material bitolado, recomenda-se de 3 a 5 vezes o diâmetro máximo ou de 3 a 7 vezes o diâmetro médio.
- e) A inclinação das paredes laterais deve ser de 50° a 60° , mesmo para materiais de boa fluência.
- f) A moega deve facilitar o escoamento do material, não criando "mortos" no seu interior. Para isso, a altura entre a moega e o alimentador deve crescer no sentido da descarga, como também mostra a Fig. 4.2, na vista lateral - é recomendável a adoção de um biselamento das paredes laterais da moega, abrindo no sentido do fluxo (do fundo para a descarga do

material). Adota-se, geralmente, ângulo de biselamento de 5° (Fig. 4.2). Isso facilita o escoamento do material que está na moega, pois o material situado atrás descarrega antes do que está na frente. Se não houver o crescimento da seção de escoamento, o material da frente atrapalha o escoamento do material que vem de trás.

- g) A relação entre o comprimento da abertura e a altura da comporta (T/h), para material de boa fluidez, deve estar entre 0,5 e 1,5, o que possibilita um escoamento bem uniforme. Relações T/h superiores a 1,5 podem levar a escoamento irregular; para material de escoamento mais problemático, é conveniente a adoção de abertura de saída na forma de fenda, em que T/h seja de 1,5 a 3,0.

Essas regras se aplicam para materiais granulados de bom comportamento ao escoamento. Materiais de difícil escoabilidade exigem soluções especiais.

Para regulação por meio de variação de velocidade, são usados sistemas de acionamento de velocidade variável: motores elétricos de polos múltiplos (4, 6, 8, 12 polos), motor de anéis, motor de corrente contínua, embreagem hidráulica, embreagem magnética, redutor tipo polias Reeves ou os inversores de frequência, que são atualmente os mecanismos mais usados.

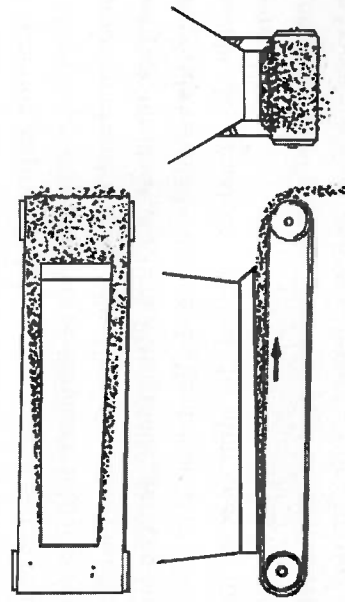


Fig. 4.2 Modelo da moega de alimentadores

Inversores de frequência apresentam excelente desempenho no que tange à faixa de variação de velocidade. Em passado recente (até os anos 1970), eram acessórios muito dispendiosos e de uso muito restrito. Nos últimos anos, houve uma acentuada queda de preços nesses equipamentos, particularmente para equipamentos de baixa e média potência (até cerca de 400 kW). Assim, estes passaram a ser adotados em muitas aplicações, pela sua versatilidade, facilidade de controle, precisão, confiabilidade e simplicidade operacional.

4.1.2 Tipos de alimentadores

Existe uma grande variedade de equipamentos, embora, como já informado, sejam limitados os modelos que podem ser usados em Tratamento de Minérios. Assim, os principais tipos usados em mineração são:

- ◆ alimentador de sapatas (*apron feeder*);
- ◆ alimentador de esteiras (*belt feeder*);
- ◆ alimentador vibratório (*vibrating feeder*);
- ◆ alimentador de gaveta (*reciprocating feeder*);
- ◆ alimentador de espiral ou de parafuso (*screw feeder*);
- ◆ alimentadores especiais: *wobler feeder*, válvula rotativa, alimentador de mesa e outros.

A determinação do tipo de alimentador a ser indicado para cada aplicação depende de diversos fatores. Quando são usados no Tratamento de Minérios, as principais características a serem consideradas são:

- ◆ **propriedades dos materiais:** tamanho, distribuição granulométrica, umidade, fluência, coesividade, geração ou presença de pó, abrasividade, densidade, dentre outras;
- ◆ **escala de produção:** vazões de alimentação instantânea e média;
- ◆ **condições de arranjo (*layout*):** espaço disponível, altura máxima aceitável, dentre outras;
- ◆ **precisão desejada;** e

- ◆ **características do processo:** necessidade de alimentação contínua ou se é aceitável que seja pulsante.

O Quadro 4.1 apresenta, de forma resumida, as características de aplicação de alimentadores frequentemente usados no Tratamento de Minérios. A Tab. 4.1 mostra exemplos de alimentadores usados em minerações de diversos bens minerais.

Para materiais pulverulentos secos, são usados principalmente alimentadores espirais e válvulas rotativas. Na descarga de silos, utilizam-se alimentadores de mesa ou parafuso e válvula rotativa se o material for pulverulento. O alimentador *wobler* foi desenvolvido especialmente para materiais muito pegajosos, como os minérios argilosos, a bauxita úmida (natural) ou carvão muito úmido.

4.1.3 Controle da vazão

Todos esses modelos são, em princípio, volumétricos, isto é, descarregam volumes constantes, por meio do elemento mecânico que o nomeia. A variação da vazão é feita, então, de duas maneiras:

- ◆ pela variação do volume que está sendo deslocado pelo elemento mecânico (altura ou largura da camada sobre a calha, passo da espiral, ângulo entre as palhetas da válvula rotativa etc.);
- ◆ pela velocidade imprimida a esse volume.

Pode-se calcular o volume alimentado pela equação de transferência de massa, que assume a forma simplificada:

$$Q = v \cdot w \cdot h \quad (4.2)$$

onde:

Q = vazão volumétrica;

v = velocidade de deslocamento;

w = largura da camada;

h = altura da camada, em unidades coerentes.

Quadro 4.1 DADOS BÁSICOS DE ALIMENTADORES E SUA INDICAÇÃO

Máquina	Capacidade (t/h)	Tamanho máximo	Aplicações principais	Vantagens	Desvantagens
Sapatas	até 10.000	até 50% da largura primária	- serviços pesados - alimentação primária - retomada de grandes volumes	- alta resistência ao impacto - alta carga por unidade de área - disponibilidade elevada - boa regulagem de vazão - pode elevar o material - comprimento conforme necessidade de finos	- alto custo de aquisição - permite a passagem
Vibratório apoiado ou suspenso	até 2.000	até 80% da largura da mesa	- serviços pesados - alimentação primária - retomada de materiais graduados	- alta segurança de funcionamento - separação dos finos - pouca e fácil manutenção - bom controle de vazão - baixo custo de aquisição	- não pode ser usado para elevar o material - comprimento limitado - potência instalada elevada - limitado com relação à argila e à umidade
Calha vibratória	até 300	até 30% da largura da mesa média de silos	- retomada de materiais de granulometria média de silos - e pilhas	- baixo custo de aquisição - pouca e fácil manutenção - pequenas dimensões - funcionamento confiável - bom controle de vazão mediante inversor de frequência	- tamanho máximo de partícula = 12" de partícula = 12" - limitado com relação à argila e à umidade

Quadro 4.1 DADOS BÁSICOS DE ALIMENTADORES E SUA INDICAÇÃO (cont.)

Máquina	Capacidade (t/h)	Tamanho máximo	Aplicações principais	Vantagens	Desvantagens
Gaveta	até 160	até 20% da largura da gaveta	- alimentação de transportadores de correia - dosagem	- bom controle de vazão - baixo custo de aquisição - pequena potência instalada - menos sensível à presença de material argiloso - grande capacidade de arrancar materiais de pilhas ou silos	- desgaste significativo do revestimento - manutenção cara
Calha Vibratile II	até 1.500	até 30% da largura da mesa	- alimentação em dosagens precisas e vazões médias e altas	- controle preciso de vazão - alta capacidade - pequenas dimensões - baixo nível de ruído	- tamanho máximo de partícula limitado - limitado com relação à quantidade de argila e à umidade
Correia	até 5.000	até 10% da largura da correia	- retomada de materiais finos e úmidos de silos e pilhas	- baixo custo de aquisição - controle de vazão preciso - manuseio bem materiais argilosos e úmidos	- tamanho máximo de partícula limitado - desgaste elevado da correia

Fonte: Fago (1994).

Comumente se adotam a velocidade em m/min e a altura e largura de camada em m. Assim, a fórmula assume a seguinte configuração, sendo a vazão de alimentação calculada em m³/h:

$$Q = 60 \cdot v \cdot w \cdot h \quad (4.3)$$

Caso se deseje calcular em vazão mássica em t/h, a fórmula assume a versão mais frequentemente encontrada na literatura:

$$Q = 60 \cdot v \cdot w \cdot h \cdot \rho \quad (4.4)$$

onde ρ é a densidade aparente do material em t/m³.

Para que isso seja verdadeiro, assume-se que a camada tem largura e altura constantes. Sabe-se, no entanto, que o enchimento não é perfeito e, portanto, é necessário considerar uma perda de capacidade pelo não preenchimento completo da camada, que pode ser descrita por um parâmetro de eficiência.

Além disso, é bastante improvável que a calha esteja completamente cheia, pois a largura da descarga é necessariamente menor que a largura da calha do alimentador. Portanto, para o cálculo da largura da camada é preferível usar a largura da boca de descarga da moega em vez da largura da calha.

Cada tipo de alimentador apresenta características próprias e para o cálculo de capacidade existem modelos próprios, que serão discutidos adiante.

A altura da camada é regulada pela abertura de saída. Geralmente se preveem aberturas reguláveis, de modo a permitir o controle rápido dessa variável. Esse controle, no entanto, não é eficiente para vazões muito elevadas, que são materiais muito grosseiros ou pegajosos (baixa escoabilidade). Nesses casos, a variação da altura da saída é muito difícil, em geral, sendo praticamente impossível regulá-la em operação ou mesmo com o alimentador parado mas cheio. Nessa condição, essa variável acaba sendo ineficaz para a regulação da vazão de alimentação.

Tab. 4.1 ALIMENTADORES USADOS EM MINERAÇÕES DE DIVERSOS BENS MINERAIS (cont.)

Tipo de Material	Tipo de alimentador	Material	Tamanho (pol.)		Formato	Unidade (%)	Capacidade anual (mil t)	Tamanho (pés)	Velocidade (pés/min ou RPM)	Potência (HP/W)
			Peso espec. (kg/m ³)	Máx. Médio						
Fino	Alimentador de correias moega com vibrador	Areia, calcário, Fe	1.600, 1.400, 2.000	1 ¼	Finos	5-10	78	3 x 7	3.600	%
	Aliment. correias moega com vibrador	Calçário	1.100	-	Finos	0-14	7	3	800	2 x 3 ½
Pulve- ruento	Alimentador de correias Conc.	Cu e Ni	2.400	½	Corrosivo	9	410	24 x 20	8	3
	Alimentador de correias pesados	Conc.	2.500	-	-	15	1.400	8" diâm.	-	7 ½
Pós-coesivos	Alimentador de correias Cimento		1.400	-	-	0	150	5" diâm.	-	-
	Alimentador de correias Gesso calcinado		900	-	-	0	31	12 x 25	8	7 ½

Fonte: Faço (1994).

Nos alimentadores que utilizam um elemento móvel para o transporte (como os alimentadores de sapatas, de correia, de gaveta, entre outros) é mais prático usar variadores de velocidade para regular a vazão.

Nos equipamentos que fluidizam o material para permitir o transporte, como nos alimentadores vibratórios (apoiados, suspensos, calhas, entre outros), regula-se a vazão pela frequência de vibração, uma vez que a regulação da amplitude é mais trabalhosa.

Assim, a vazão de alimentação é regulada pela frequência da vibração (alimentadores vibratórios), frequência do movimento reciprocativo (alimentadores de gaveta) ou velocidade de translação (demais alimentadores). A inclinação do alimentador também age nesse mesmo sentido.

4.1.4 Válvula de agulhas

Válvula de agulhas é um sistema adotado para possibilitar a retirada ou a manutenção do alimentador com o silo ou a moega carregado. Trata-se de um sistema de simples montagem e de baixo custo que funciona adequadamente com materiais granulados. Nem sempre pode ser operado, particularmente quando o material contido no silo é grosseiro ou pulverulento.

A Fig. 4.3 mostra um sistema desse tipo. A colocação das agulhas com o silo cheio é feita uma a uma, que são empurradas, em geral manualmente, forçadas pelas aberturas usando-se marreta. Quando todas as agulhas são colocadas, a carga fica presa e permite a descarga do material sobre o alimentador e a retirada deste. Uma vez recolhido o alimentador, retiram-se as agulhas e a alimentação pode ser retomada.

Embora sua colocação possa ser indicada para quaisquer alimentadores, os de sapatas alimentando ROM podem não ter ganhos com a colocação desse dispositivo, pois muitas vezes não é possível colocar as agulhas sob a moega quando se alimenta material muito grosseiro. Além disso, esse alimentador pode ser acionado até que a peça que necessita de manutenção seja posicionada onde possa ser manuseada.

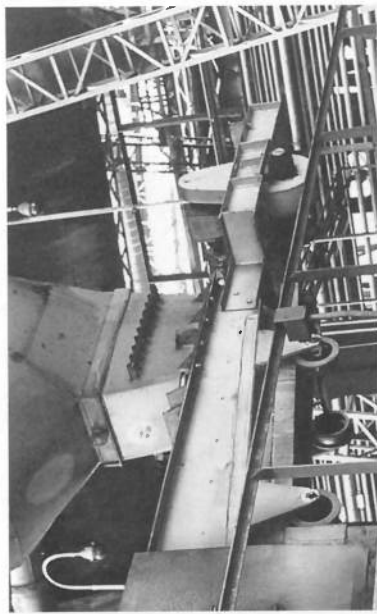


Fig. 4.3 Válvula de agulhas para reter a carga quando é necessário retirar o alimentador com o silo carregado

No caso dos alimentadores vibratórios suspensos, esse mecanismo é muito necessário, pois, como não têm bases fixas, se ocorrer qualquer eventualidade que implique a sua retirada, esta somente poderá ser feita interrompendo-se a saída do material e, nesse caso, o dispositivo precisa ser usado.

Mesmo quando se usam comportas reguláveis e, nesse caso, seria possível fechar totalmente a comporta para permitir a retirada do alimentador, ainda assim recomenda-se o uso da válvula de agulhas, pois essa comporta frequentemente emperra com o material e não pode ser fechada. As agulhas, por outro lado, como são inseridas uma a uma, geralmente podem ser forçadas para dentro e, assim, consegue-se bloquear a saída de material de forma mais confiável.

4.2 Alimentador de sapatas

São os equipamentos de alimentação mais robustos do mercado, tanto em termos de capacidade de suportar o impacto de grandes blocos como de arrastá-los, mesmo para materiais muito coesivos. São também os alimentadores mais caros. Sua aplicação típica é a de receber o ROM e alimentá-lo a britadores primários. Dessa forma, são capazes de suportar

o impacto da queda de matacões descarregados diretamente do caminhão sobre eles.

A Fig. 4.4 mostra um esquema de instalação de alimentador de sapatas, utilizado para a alimentação e dosagem de britador primário - nesse caso, de material trazido por caminhões.

O alimentador de sapatas tem a peculiaridade de ser capaz de elevar a carga, característica rara entre os alimentadores, pois pode elevar o material em ângulos superiores aos dos transportadores de correia.

O elemento transportador é uma esteira de trator, apoiada em roletes de trator ou em roletes mais leves, dependendo da aplicação. Essa esteira se move dentro de uma saia revestida de material resistente à abrasão. As placas de revestimento das saias são, com frequência, fabricadas em aço manganês. Os roletes e as correntes de trator utilizados geralmente são de fabricantes tradicionais, o que facilita a manutenção e substituição de elementos desgastados. As sapatas utilizadas são disponíveis em diferentes

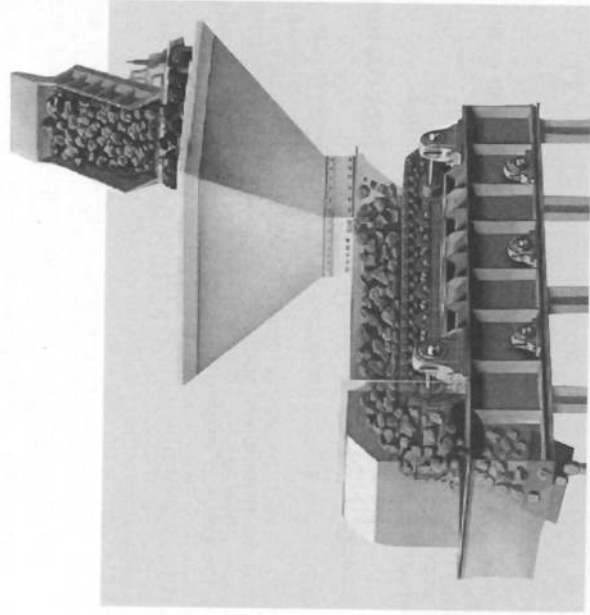


Fig. 4.4 Desenho esquemático de instalação de alimentador de sapatas

larguras padronizadas, podendo ser fornecidas fundidas em aço manganês, para aplicações pesadas que requeriam alta resistência ao impacto e desgaste, ou em chapas de aço laminado, para aplicações mais leves.

As correntes onde se fixam as sapatas podem ser posicionadas externa ou internamente à região da tremonha, em função dos requisitos de maior facilidade de acesso para manutenção ou de reduzido espaço disponível no local onde a máquina será instalada. O equipamento é montado sob a abertura da moega, possibilitando que o material fique permanentemente sobre ele.

O acionamento das correntes é feito por motor e redutor (ou motorredutor) acoplados à roda motriz. A chaveta desse acoplamento serve de fusível mecânico, que se rompe em caso de travamento, preservando os componentes mais caros. São frequentemente usadas embreagens para a alimentação de britadores primários, bem como sistemas de variação de velocidade.

Existem diferentes modelos de sapatas, como mostra a Fig. 4.5. Em muitas aplicações, procura-se manter sobre as placas uma camada do próprio material que se está alimentando ("lastro"), recobrimdo-as para reduzir o escoamento do material entre estas, o que é um dos grandes problemas operacionais desse equipamento: materiais finos passam por entre as placas, pois estas não são



Fig. 4.5 Alimentador de sapatas

estanques, causando perdas seletivas de material e enorme sujeira do piso. Essa camada ainda serve como uma proteção contra impactos diretos e abrasão sobre as sapatas. A Fig. 4.6 mostra diferentes tipos de sapatas usadas nesse equipamento.

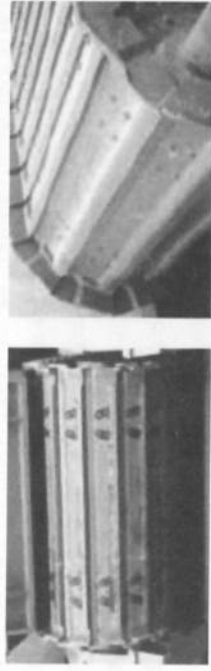


Fig. 4.6 Diferentes tipos de sapatas

Assim, por causa da impossibilidade de vedação entre as placas, os finos caem no chão debaixo do alimentador, exigindo a sua remoção permanente. Para solucionar esse problema, são adotados transportadores de correia largos sob o alimentador de sapatas, para recolher esse material. Isso demanda espaço para a colocação desse transportador, além dos custos dessa solução e suas implicações quanto à manutenção, em um local, em geral, de difícil acesso, de iluminação precária e com muito material fino em suspensão.

Os alimentadores de sapatas fornecem uma vazão muito regular (independentemente do volume contido na moega) e podem ser fabricados em comprimentos variáveis (as larguras são padronizadas), para adaptarem-se às necessidades de layout. Outra vantagem é que eles manuseiam bem materiais coesivos, tais como materiais argilosos e úmidos. Têm grande poder de “arrancamento” do material, o que os qualifica a operar com materiais de difícil retomada, como materiais finos e coesivos ou materiais grossos que formam estruturas embriçadas e resistentes, sob silos ou pilhas.

As desvantagens desse tipo de alimentador são, inicialmente, o elevado valor de investimento, o elevado custo de manutenção e a potência maior que nos outros modelos (que, nas grandes máquinas, pode superar 800 hp). A impossibilidade de vedação entre as placas gera o problema já citado de passagem de finos. São máquinas grandes

e, portanto, demandam espaço para a sua instalação, e precisam ser previstas facilidades para a sua manutenção, pois suas peças são grandes e pesadas, o que exige a utilização de pontes rolantes ou equivalentes para a sua retirada no caso de troca ou manutenção.

Recomenda-se, no dimensionamento, usar altura máxima da camada (abertura da comporta) de $2/3$ da largura do alimentador e sempre maior que o dobro do diâmetro do maior bloco. A velocidade deve ser mantida a mais baixa possível, uma vez que, operando com blocos grandes, o aumento de velocidade implica desgaste elevado e, principalmente, esforços muito maiores para o arrancamento dos blocos contidos na moega, pilha ou silo.

Esse equipamento, em princípio, pode suportar a descarga de grandes blocos diretamente do caminhão, como dito anteriormente. Isso, entretanto, em certos casos, pode não ser recomendável, pois o impacto causado por um bloco de ROM (que pode superar 1 m de diâmetro e pesar mais de 5 t) caindo do alto de uma caçamba – que, quando é levantada, fica a vários metros de altura –, dependendo da posição do bloco caindo sobre uma caixa escavada (que geralmente tem mais de 2 m de altura), pode ser devastador sobre o equipamento, suas bases e acessórios. Assim, na Fig. 4.7, apresenta-se um esquema simples de descarga, no qual se observa a formação de uma camada (“morta”) que fica permanentemente na caixa, mantendo-a cheia, e sobre essa camada o material é descarregado. Essa camada amortece e dissipa boa parte da energia de queda e direciona o material para o alimentador, reduzindo sobremaneira o impacto direto do bloco.

Esse erro de projeto muitas vezes é relegado, pois, em geral, há uma camada de material sobre o alimentador que reduz o impacto direto. Porém, em sistema de descarga direta de caminhões, sempre haverá o risco imediato de não existir material sobre o alimentador, além do fato de que um bloco de grandes dimensões, ainda que caindo sobre uma camada preexistente ou que a máquina seja robusta, sempre pode causar danos.

Os alimentadores de sapatas, embora sejam máquinas muito pesadas e com grande capacidade de arranque de material, mesmo

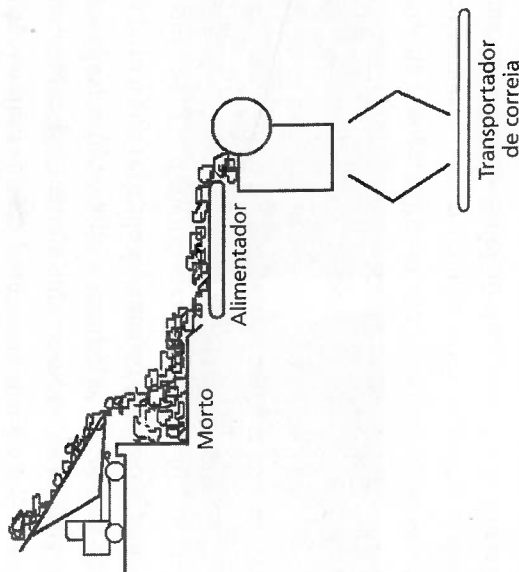


Fig. 4.7 Esquema de instalação de britador que recebe ROM

para materiais coesivos, podem operar com potências relativamente baixas, pois as velocidades são baixas.

Em razão do seu elevado peso, demanda base muito robusta e, consequentemente, cara. Assim, esse equipamento somente se justifica quando as exigências são extremas, pois existem máquinas mais baratas.

Seu uso intensivo em minerações, no entanto, demonstra tratar-se de equipamento extremamente confiável, que apresenta grande disponibilidade e durabilidade. Por operarem bem com materiais coesivos, sofrem menos com as variações climáticas, particularmente nos períodos chuvosos, nos quais os materiais tendem a tornar-se ainda mais coesivos.

4.2.1 Capacidades

A Tab. 4.2 apresenta as características dos alimentadores de sapatas produzidos pela Metso. Observe que as larguras são padronizadas, porém o comprimento, dentro de certos limites, é determinado pela aplicação.

Tab. 4.2 CARACTERÍSTICAS DOS ALIMENTADORES DE SAPATAS FORNECIDOS PELA METSO

Tipo	Dimensões da esteira (mm)	Pesos (t)		
		Elementos móveis	Alimentador sem tremonha	Alimentador com tremonha
MT-30075	3.000 x 750	3,9	5,8	7,3
MT-45075	4.500 x 750	4,6	6,5	8,4
MT-60075	6.000 x 750	5,5	7,4	9,8
MT-90075	9.000 x 750	7,5	10,3	13,9
MT-120075	12.000 x 750	10,1	13,4	17,3
MT-30100	3.000 x 1.000	4,6	6,7	8,6
MT-45100	4.500 x 1.000	5,9	8,0	10,5
MT-60100	6.000 x 1.000	7,2	9,3	12,4
MT-90100	9.000 x 1.000	9,7	13,1	17,2
MT-120100	1.200 x 1.000	12,5	17,0	22,2
MT-30120	3.000 x 1.200	5,2	7,4	9,6
MT-45120	4.500 x 1.200	7,0	9,3	12,1
MT-60120	6.000 x 1.200	8,5	11,0	14,5
MT-90120	9.000 x 1.200	11,5	14,9	19,3
MT-30150	3.000 x 1.500	6,1	8,5	11,1
MT-45150	4.500 x 1.500	7,8	11,0	14,3
MT-60150	6.000 x 1.500	9,5	13,5	17,5

Esse fornecedor oferece equipamentos com larguras que variam de 1.000 mm a 3.000 mm, projetados especificamente para cada caso, que podem atingir a capacidade de alimentação de até 10.000 t/h. Os componentes máximos podem atingir 20 m e potências instaladas, 800 hp. Os acionamentos simples ou duplos podem ser formados por combinação de coroa/pinhão com redutor, redutor direto ou motores hidráulicos de alto torque acoplados diretamente ao eixo motriz.

A Tab. 4.3 mostra a capacidade volumétrica média dos referidos alimentadores em função da largura do alimentador e da velocidade.

A capacidade do alimentador de sapatas pode ser calculada pela expressão:

$$Q = 60 \cdot v \cdot B \cdot h \cdot \rho \cdot \phi_a \quad (4.5)$$

onde:

Q = capacidade em t/h ;

v = velocidade da esteira (m/min);

B = largura útil da tremonha (m);

h = altura da camada (m);

ρ = densidade aparente do material (t/m^3);

ϕ_a = fator de enchimento.

Tab. 4.3 CAPACIDADE MÉDIA DOS ALIMENTADORES DE SAPATAS
($Mtso$) (m^3/h)

Velocidade da esteira (m/s)	Largura da esteira (mm)			
	750	1.000	1.200	1.500
3	40	67	93	150
5	67	111	155	250
7	93	155	18	350
9	120	200	280	450
11	147	244	343	550

4.2.2 Potência

Para a determinação da potência (Fig. 4.8), utiliza-se fórmula da CEMA (1996), em que a potência é calculada como a soma das parcelas que demandam energia para serem vencidas, quais sejam:

- ◆ esforços em razão do atrito nos roletes;
- ◆ esforços em razão do atrito do material com as paredes da tremonha;
- ◆ esforço em razão do atrito do material que está sendo movido em relação ao material suprajacente (parado) contido no silo ou moega; e
- ◆ esforço em razão da elevação do material.

Para o cálculo da potência, conforme *Manual de Britagem da Faço* (Faço, 1994), os esforços resistentes ao movimento da esteira são:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 \quad (4.6)$$

onde:

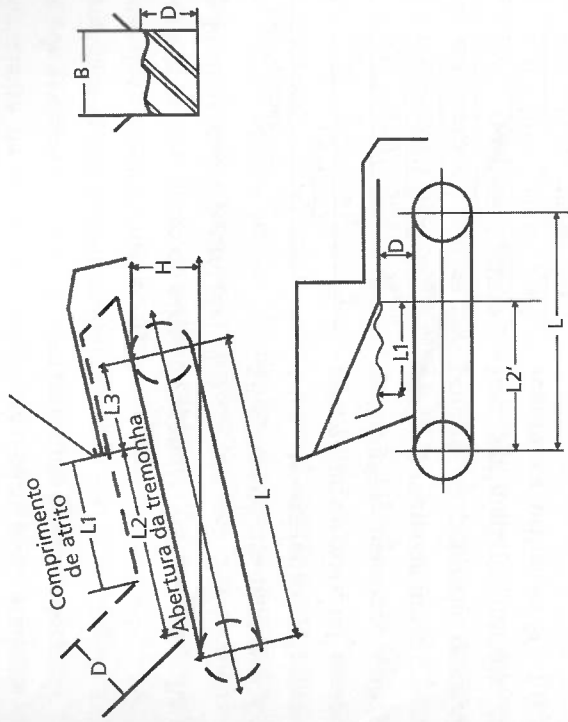


Fig. 4.8 Dimensões a serem consideradas no cálculo da potência demandada pelo alimentador de sapatas, em metros

P_t = esforço total (kgf);

P_1 = esforço em razão do atrito nos roletes (kgf);

P_2 = esforço em razão do atrito do material com a tremonha (kgf);

P_3 = esforço em razão do atrito entre material movido e material parado (kgf);

P_4 = esforço em razão da elevação do material (kgf).

Na Eq. 4.6:

$$P_1 = f \times (1,2 \times B \times L_2 \times p + B \times D \times L_3 \times p + M) \times 1.000 \quad (4.7)$$

$$P_2 = F_s \cdot L \quad (4.8)$$

$$P_3 = 900 \times B \times L_1 \times p \times SF \quad (4.9)$$

$$P_4 = 1.000 \times p \times B \times D \times H \quad (4.10)$$

onde ainda:

$B, D, H, L, L_1, L_2, L_3$ = dimensões (m) (Fig. 4.8);

f = coeficiente de atrito nos roletes (0,1 para alimentadores com sapatas de aço manganês e 0,14 para os outros alimentadores);

ρ = densidade aparente do material (t/m^3);

M = peso dos elementos móveis (t) (Tab. 4.2);

F_s = resistência em razão do atrito do material com a tremonha por metro de alimentador (kg/m) (Tab. 4.4);

SF = fator de cisalhamento. É um fator de correção relacionado com o tipo de material, umidade e tamanho máximo, utilizado para dimensionamento mais preciso da potência requerida. Para estimativas iniciais com segurança, utiliza-se $Sf = 1,0$.

Tab. 4.4 VALORES DE F_s

D (m)	ρ (t/m^3)			
	0,8	1,2	1,6	2,4
0,3	7,5	12,0	16,5	24,0
0,45	18,0	27,0	35,5	53,5
0,60	32,5	49,0	65,5	98,0
0,75	50,5	76,0	101,0	152,0
0,90	71,0	107,0	143,0	214,0
1,00	98,0	147,0	196,0	294,0
1,20	128,0	192,0	256,0	383,0
1,40	165,0	248,0	330,0	495,0
1,50	198,0	297,0	397,0	595,0
1,80	287,0	431,0	575,0	862,0

NOTA: Para o caso de grandes blocos de material e tremonhas abertas, considere-se:

$$L3 = 0 \text{ e } L1 = 1/3 L2'$$

sendo $L2'$ o comprimento do talude de material na tremonha do alimentador.

A potência necessária para vencer todos esses esforços é determinada pela expressão:

$$N = \frac{P_t \cdot V}{4.500 \times \eta} \quad (4.11)$$

onde:

N = potência necessária (hp);

V = velocidade da esteira (m/min);

η = rendimento mecânico.

No fim deste capítulo apresentam-se exemplos de cálculo de seleção de alimentadores de sapatas.

4.3 Alimentadores vibratórios

Trata-se de uma calha metálica, revestida de material resistente à abrasão, que tem um movimento vibratório gerado por vibradores mecânicos ou eletromagnéticos, chamados também de excitadores, que fluidizam o material.

Embora não seja tão robusto como o alimentador de sapatas, esse equipamento suporta bem serviços pesados. Pode ser usado para materiais muito grossos, como a alimentação de britadores primários (alimentação de ROM), porém não pode ser alimentado diretamente pelos caminhões, exigindo a colocação de um pré-silo para amortecer a queda do material e evitar que este impacte diretamente sobre a sua calha. Quando alimentado diretamente por caminhões, deve-se preservar uma camada de lastro que proteja a calha contra impactos diretos.

O alimentador vibratório fornece vazão muito regular para materiais de boa fluidez (*free flowing*), mas essa característica decresce com a presença de material argiloso e úmido. Material fino costuma acumular-se na calha. Se houver também umidade, a calha pode ficar completamente atolada.

A calha é estanque e sem vazamentos e pode ser projetada totalmente confinada, de modo a impedir o levantamento de poeiras.

Em termos de *layout*, o alimentador vibratório é muito compacto e exige pequena altura para a sua instalação. A disponibilidade de modelos tanto suspensos como apoiados torna-o muito versátil. Deve-se lembrar apenas que o seu comprimento é limitado e que não tem a capacidade de elevar o material. Como possui poucas peças móveis e sua vedação é excelente, apresenta razoáveis custos de operação e manutenção.

Pelo princípio de operação, entende-se claramente uma das limitações desse equipamento, que é justamente a sua incapacidade de elevar o material. A descarga só pode ocorrer na horizontal ou no sentido descendente. Isso também possibilita entender que, quanto mais inclinada a calha, maior a vazão de descarga a ser obtida.

É um equipamento muito flexível em termos de projeto de máquina. Existem três variantes:

- ◆ alimentadores vibratórios apoiados: destinados a serviços pesados, como a alimentação de britadores primários. A calha é apoiada numa base metálica, que pode servir de suporte também para a moega, o que resulta numa instalação econômica em termos de investimento. Para serviços pesados, geralmente dispõem de mais de um vibrador, que normalmente são mecânicos;
- ◆ alimentadores vibratórios suspensos: destinados à retomada de materiais ensilados ou em pilhas. A estrutura de suporte é suspensa na laje da base do silo ou da pilha. A calha é apoiada sobre molas helicoidais nessa estrutura. Utilizam vibradores mecânicos, como os apoiados;
- ◆ calhas vibratórias: são alimentadores vibratórios suspensos, mais leves que os anteriores e de menores dimensões. Alguns modelos usam vibradores mecânicos e outros, eletromagnéticos, o que é muito conveniente em termos de regulação da vazão alimentada (facilidade de regulação e de variação), pois fornecem regulação muito precisa. A potência instalada também é menor. A sua grande limitação se refere ao tamanho máximo do material alimentado, que deve ser sempre inferior a 300 mm (12").

A escolha do mecanismo de agitação depende de vários fatores, porém os agitadores eletromagnéticos permitem um controle mais acurado da frequência de vibração, embora sejam limitados quanto à amplitude de movimento, além de mais frágeis e mais caros. Aplicam-se melhor aos alimentadores que trabalham com materiais mais finos.

Os agitadores mecânicos geralmente são compostos de dois motores independentes com dois pares de cargas desbalanceadas por motor, que promovem a vibração. Entretanto, não constituem um equipamento que permita regulação fácil e alteração da regulação

durante a operação, a não ser que sejam fornecidos com motor com variador de velocidade. Como são usados dois motores, o variador precisa atuar simultaneamente sobre ambos para evitar desbalanceamento.

As referidas cargas giram em sentidos opostos e entram em fase dinamicamente. *O início do movimento é irregular, mas em segundos os agitadores entram em sincronismo e o sistema se equilibra.* Obtém-se a regulação da taxa de alimentação pela variação da amplitude e da frequência, além da inclinação da calha. Porém, uma vez instalado, é difícil variar a inclinação e, assim, a regulação durante a operação é feita pelas variáveis amplitude e frequência. Pode-se, ainda, variar a vazão pela altura de descarga, variando-se a altura da placa da tremonha, porém esse mecanismo tende a não funcionar adequadamente, pois a tremonha tende a emperrar por causa do material.

Regula-se a amplitude do movimento pela variação da posição das massas desbalanceadas. Embora esse mecanismo seja de regulação mais difícil que os vibradores eletromagnéticos, permite amplitudes maiores. São mecanismos robustos e mais baratos que os sistemas eletromagnéticos. Aplicam-se a materiais finos e grossos.

A Fig. 4.9 mostra um sistema de agitação mecânica. Observe que a regulação da amplitude demanda a parada do equipamento e

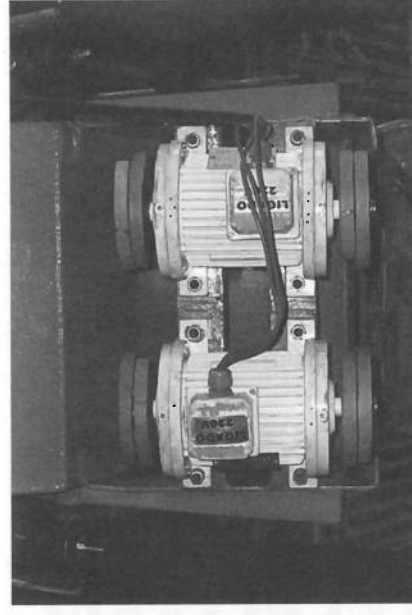


Fig. 4.9 Mecanismo de agitação mecânica de alimentador vibratório

é trabalhosa, pois o desbalanceamento de ambos os agitadores deve ser o mesmo e regulado para cada par de massas, fato que obriga a regulação de quatro pares - tarefa executada por tentativas -, ainda que os sistemas de melhor qualidade tragam impressos nos contrapesos escalas que facilitam a colocação do sistema em equilíbrio.

Para equipamentos de grande porte, alguns fornecedores oferecem a opção de vibradores mecânicos engrenados, ou seja, o sincronismo é garantido pelo engrenamento entre os eixos. Essa opção implica custos de investimento e de manutenção maiores, pois necessita de lubrificação cuidadosa, além de exigir sistemas de vedação contra pó muito elaborados e, portanto, mais caros. São recomendáveis apenas quando o alimentador torna-se tão grande que o eventual desbalanceamento da carga poderia danificá-lo.

Alimentadores vibratórios são excepcionalmente limitados quando operam com materiais pegajosos e, particularmente, com materiais úmidos, visto que a vibração tende a compactar ainda mais o material e a facilitar a percolação da água para a base, ou seja, para a calha do equipamento. Isso se torna crítico, pois o material tenderá à umidade de coesão, impossibilitando a fluidização, o que provoca a parada da alimentação ou faz com que esta se torne irregular.

A potência instalada é maior que em outros tipos de alimentadores, embora, em geral, este não seja um aspecto crítico, pois a potência costuma não ser muito elevada. A título de exemplo, um alimentador vibratório apoiado Metso AV-6x20, para blocos de até 1.200 mm e capacidade que atinge 750 m³/h, utiliza dois motores de 30 CV.

Outro aspecto a ser comentado é que são máquinas relativamente ruidosas, podendo causar incômodo aos operadores, além de movimentos vibratórios serem extremamente perigosos para as estruturas, pois, se estas entrarem em fase com o movimento podem se colapsar. Evita-se, portanto, instalar tais equipamentos em estruturas metálicas, as quais, por serem muito mais flexíveis, acabam vibrando muito mais, preferindo-se a instalação em estruturas de concreto armado, mais rígido.

Essa vibração tende a ser extremamente incômoda aos operadores. Quando instaladas na descarga de pilhas e silos, em geral, ficam em locais remotos e afastados de áreas de maior circulação, não causando maiores incômodos, porém o cálculo da estrutura do silo e suas bases deve levar em conta tal vibração, pois a carga dinâmica é bastante elevada. Esse problema é particularmente crítico se o projetista, geralmente um engenheiro civil ou mecânico, não estiver familiarizado com o processo.

Alguns modelos trazem uma grelha na porção final da calha com a função de separar uma parte da fração fina ("escalpe"), separando-a da fração grossa, que está sendo descarregada na extremidade do alimentador.

É claro que um alimentador vibratório com grelha na extremidade não substitui uma grelha escalpadora. Embora exista todo o trabalho de convencimento do mercado, por parte dos fabricantes, de que essa grelha tem capacidade de atuar nessa função, a experiência demonstra que tal sistema é bastante limitado, pois a amplitude da vibração necessária para o transporte é muito baixa para se conseguir um escalpe adequado de finos. A camada suprajacente também, em geral, é muito espessa para se conseguir uma eficiência razoável e, finalmente, a área da mesa do alimentador que contém a grelha de escalpe é muito pequena, ou seja, o tempo de retenção sobre esta é insuficiente para que se consiga eficiência minimamente razoável para recomendar a sua aplicação substituindo uma grelha.

Assim, embora haja uma passagem de finos por essa grelha, a eficiência é muito baixa, e isso deve ser levado em conta, visto que esta, ao ser colocada na parte final do alimentador, apresentará desgaste maior e vida útil menor do que se fosse adotada uma placa. Isso reduzirá a disponibilidade da instalação e, consequentemente, aumentará o custo operacional do equipamento. Portanto, essa grelha não substituirá um equipamento dedicado ao escalpe. Caso essa operação seja necessária, deve-se prever o equipamento separado.

Recomenda-se, no caso do uso de grelha no alimentador vibratório, que, se este for abastecido por uma pá carregadeira, lateral-

mente ao alimentador, a parte cega da calha seja maior que a largura total da caçamba da pá carregadeira, ou seja, que as pedras, quando jogadas dentro do alimentador, não atinjam diretamente a grelha.

No caso de aimentação ser feita pela parte traseira do alimentador, por exemplo, por uma retroscavadeira, recomenda-se que a parte cega do alimentador seja suficientemente longa para que as pedras caiam sobre a retroscavadeira, e não diretamente sobre a grelha. Vale lembrar que, ao serem lançadas sobre o alimentador, deve-se prever a trajetória das pedras, para que não sejam espirradas diretamente sobre os trilhos.

Para o cálculo da abertura da grelha, calcula-se inicialmente o valor médio da abertura, lembrando que a grelha é uma fenda que tem um formato trapezoidal, que se abre da alimentação para a descarga. O valor médio será calculado pela média aritmética entre a menor e a maior abertura.

Sobre esse valor médio, aplica-se um acréscimo de 20% para o cálculo da abertura a ser adotada, ou seja:

$$A = (A_{\min} + A_{\max})/2 \quad (4.12)$$

$$A_{\text{nominal}} = 1,2 \times A \quad (4.13)$$

A Fig. 4.10 mostra essa relação e a Tab 4.5 apresenta, aproximadamente, os valores de tamanho máximo e médio passante pela grelha. Observe que nada se diz sobre a eficiência de separação, que, conforme já destacado, é baixa.

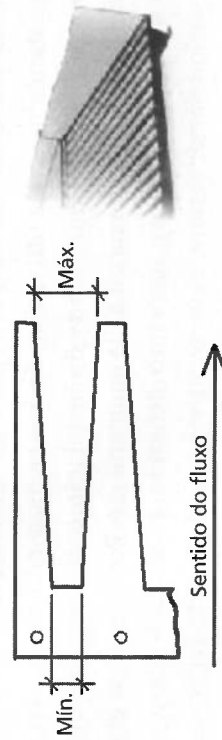


Fig. 410 Cálculo da abertura da grelha

Tab. 4.5 ESTIMATIVA DE TAMANHO MÁXIMO E MÉDIO PASSANTE NA GRELHA (mm)

Abertura nominal (mm)	Rocha desmontada/britada			Areia e pedregulho	
	Tamanho máximo passante	Tamanho médio	Tamanho máximo passante	Tamanho médio	
45	75	60	65	50	
60	100	80	90	70	
80	130	105	115	90	
95	160	130	140	110	
120	200	160	160	130	
140	240	190	210	165	
170	280	225	250	195	
190	320	255	280	220	

4.3.1 Alimentadores vibratórios apoiados

São máquinas robustas que podem alimentar blocos grandes, até 1.200 mm de diâmetro. Apresentam custo de aquisição menor que os alimentadores de sapatas e concorrem diretamente com estes em aplicações pesadas, com materiais grosseiros, na alimentação de ROM ou blocos muito grossos.

Eles podem ter grelha na parte final e, por trabalharem com materiais, em geral, mais grosseiros, utilizam mecanismo de vibração mecânica.

Essas máquinas, por operarem com dois motores sincronizados (dinamicamente ou engrenados) com movimento a 45°, possibilitam a montagem na horizontal ou com inclinação na direção do movimento, o que aumenta significativamente a sua capacidade, pois o material é lançado para a frente pela ação dos vibradores. Isso, teoricamente, possibilitaria montar o alimentador elevando o material, ou seja, com inclinações na direção contrária ao movimento, mas ocorre, na prática, uma capacidade de elevação muito baixa. Portanto, é permitido afirmar que a máquina não eleva o material, mas possibilita, em casos bastante específicos, montar o alimentador com inclinação negativa pequena, cuja função é reter uma parte da água que

eventualmente migre para a calha e desviá-la para a parte posterior do equipamento, que pode ter uma pequena grelha ou furos para permitir a drenagem dessa lama.

Conforme já salientado, o alimentador vibratório não é adequado para operar com materiais molhados, mas pode ser usado nessa condição se o material a ser alimentado for grosseiro, pois a água, nessa granulometria, não causa um aumento significativo da coesão do material.

A Fig. 4.11 mostra o esquema de movimento dessa máquina. Observe que a calha se movimenta apenas com vibradores instalados na posição horizontal nas posições a 45° e 225° . Em qualquer outra posição, a ação de um agitador é anulada pelo outro.

A Fig. 4.12 mostra um alimentador vibratório apoiado, no qual se pode ver a grelha na porção final da calha de alimentação. Observe que a grelha é muito curta para que haja uma retirada eficiente de finos.

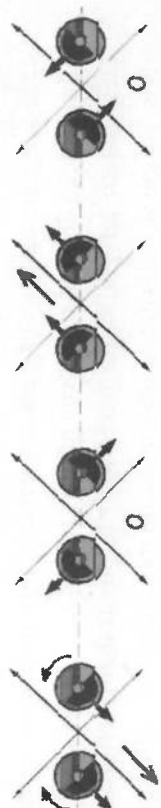


Fig. 4.11 Movimento sincronizado dos dois eixos do mecanismo de agitação

Embora a calha possa ser fabricada em tamanhos variados, não pode ser muito longa, pois haverá perda de eficiência no transporte. Assim, em geral, a calha é fornecida em tamanhos padrões. Se houver necessidade de transportar o material para distâncias maiores, é recomen-



Fig. 4.12 Movimento sincronizado dos dois eixos do mecanismo de agitação

dável a colocação de um transportador de correia ou de outro tipo, ou, caso essa opção não seja adequada, recomenda-se a troca por um alimentador de sapatas.

O acionamento e a motorização variam mas, em geral, utilizam-se motores e vibradores acoplados ou com polias, correias V e eixo cardã para cada mecanismo vibratório, ou, ainda, acionamento direto com eixo cardã.

A motorização pode ser com motores de dupla polaridade de IV ou VI polos ou com motores padrão de VIII polos para 60 Hz e VI polos para 50 Hz, combinados com inversor de frequência.

Os mecanismos vibratórios giram em sentidos opostos, produzindo o fenômeno de autossincronismo. Para os alimentadores destinados a serviços extrapesados, é opcional o uso de vibradores com caixa de engrenagem para sincronização.

A vazão de alimentação é controlada pela rotação dos vibradores. No caso dos motores de dupla polaridade, a baixa rotação (VI polos) leva a vazão a praticamente zero, eliminando a necessidade de desligar os motores elétricos, quando se deseja interromper temporariamente a alimentação.

Assim, máquinas mais pesadas, dependendo do fabricante, possuem no mecanismo de agitação uma montagem na qual os motores ficam destacados da parede vibrante do equipamento, com evidentes vantagens no que se refere à durabilidade dos motores. Por outro lado, além de serem mais caras, exigem a colocação de eixos cardã e a montagem de bases externas para os motores. A Fig. 4.13 mostra um mecanismo desse tipo.

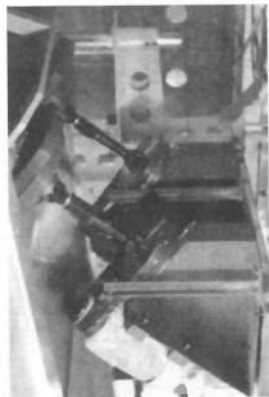


Fig. 4.13 Sistema de agitação com eixos cardã e motores destacados do corpo do alimentador

A Tab. 4.6 mostra as principais características dos alimentadores vibratórios apoiados fabricados pela Metso.

4.3.2 Alimentadores vibratórios suspensos

Os alimentadores vibratórios suspensos foram projetados para a retomada de material graúdo de baixo de pilhas ou silos. Por serem suspensos, eliminam a necessidade de bases de concreto e facilitam a montagem e a manutenção, não só do alimentador, como também do acionamento, das bicas e das correias transportadoras.

Em princípio, seriam muito adequados para esta função – descarregar pilhas e silos –, pois a vibração imposta à base do depósito agita todo o estoque e facilita o seu escoamento, essa característica pode ter efeitos positivos, quando auxilia na fluidização do material, bem como efeitos negativos, quando o material, ao ser agitado, se compacta ou permite a migração da água para a base. Assim, para cada material e aplicação é necessário verificar o comportamento do material e se o equipamento é adequado.

O equipamento é composto basicamente por uma mesa vibratória apoiada em molas helicoidais sobre uma estrutura de suporte suspensa, com bica e tremonha, formando um conjunto de fácil instalação, simples e robusto, que permite o manuseio de materiais graúdos e de alta densidade.

Esses alimentadores geralmente utilizam, vibrador mecânico e sua regulação pode ser feita por meio da variação na posição das massas (contrapesos) do vibrador, que pode ser obtida através da variação da velocidade dos motores, a qual, por sua vez, pode ser obtida pela troca de polias ou através de inversores de frequência; e, ainda, por meio da variação na altura da camada alimentada, que pode ser obtida pela alteração da posição da comporta da calha de descarga.

Os alimentadores vibratórios suspensos podem também vir equipados com grelha de trilhos na sua porção dianteira, ou com placa revestida em aço. São recomendados para operar com material intermediário a fino, de até 600 mm de tamanho máximo, e com capacidade superior a 600 m³/h.

Tab. 4.6 ALIMENTADORES VIBRATÓRIOS APOIADOS FABRICADOS PELA METSO

Modelos	Peso total com base e tremonha (t)	Peso da máquina (t)	Dimensões com base e tremonha (m)	Comprimento e tremonha	Comprimento	Largura	Altura	Dimensões da mesa vibrante (m)	Comprimento da grelha (m)	Abertura da grelha (")	Capacidade (m ³ /h)	Motores – quantidade	Motores – potência (hp)	Vibradores (2 unidades) – modelo
MV 20040	1,6	0,9	2,82	3,43	4,36	4,78	4,8	1,25	0,67	2-3	15-60	3	5	V10
MV 27070	3,2	1,6	2,34	2,85	3,5	0,9 × 4	1,2 × 4	1,2 × 4	1,2 a 1,8	2 a 4	30-150	50-200	7,5	V30
MV 35080	5,54	2,85	3,5	0,9 × 4	1,2 × 4	1,2 × 4	1,2 × 4	1,2 × 4	1,2 a 1,8	2 a 4	80-250	120-350	8	V30
MV 40090	7,0	3,5	4,8	6,5	6,78	6,8	6,8	1,2 × 6	1,2 a 2,2	4 a 7	140-450	180-500	20	V40
MV 55120	11,5	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	1,2 × 6	1,2 a 2,2	4 a 7	180-500	180-500	20	V50
MV 60128	16,37	9,52	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	1,2 × 6	1,2 a 2,2	4 a 7	180-600	180-600	25	V50
AV 5 × 20	19,7	12,5	6,1	7,4	7,4	7,4	7,4	1,8 × 6	1,1	1,1	260-750	260-750	30	V60
AV 6 × 20	25,6	17,9	7,4	8,5	8,5	8,5	8,5	2 × 6	1,1	1,1	260-750	260-750	60	V70
AV 6 × 22			7,4	8,5	8,5	8,5	8,5	2 × 6	1,1	1,1	260-750	260-750	60	SNF

As Figs. 4.14 e 4.15 mostram alimentadores vibratórios suspensos.



Fig. 4.14 Alimentador vibratório suspenso



Fig. 4.15 Alimentador vibratório suspenso em operação

Esses alimentadores podem causar dificuldades caso precisem ser removidos para manutenção. O uso da válvula de agulhas é sempre recomendável, particularmente pelo fato de não terem base para apoio.

A Tab. 4.7 mostra as principais características dos alimentadores vibratórios suspensos fabricados pela Metso.

4.3.3 Calhas vibratórias

As calhas vibratórias são projetadas para serem instaladas sob pilhas ou silos, provendo alimentação para os transportadores de correia ou outros equipamentos subsequentes.

Tab. 4.7 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS ALIMENTADORES VIBRATÓRIOS SUSPENSOS (METSO)

Modelo	25070	35090	35120	50158
Peso total (t)	2,6	4,73	6,1	9,53
Dimensões da mesa vibrante (m)	2,5 x 0,7	3,5 x 0,9	3,5 x 1,2	5,0 x 1,5
Comprimento da grelha (m)	0,67	1,2	1,2	1,2
Abertura da grelha (")	2 a 4			
Partícula máxima alimentada (")	14	20	20	24
Capacidade (m ³ /h)	45-220	120-370	180-520	260-650
Abertura máxima p/ alimentação (m)	1,1 x 1,0	1,9 x 1,57	1,8 x 1,8	2,8 x 1,45
Motores - quantidade	2			
Motores - potência (hp)	5	8	16	20
Vibradores (2) - modelo	V20H	V30	V40	V50

A sua construção é bastante simples e menos robusta que a dos modelos anteriores. Uma mesa vibrante, revestida contra desgaste na face superior, é isolada da estrutura de apoio por quatro molas helicoidais de grande flexibilidade e resistência. A estrutura de apoio é normalmente fixada no teto de túneis ou no flange inferior de silos, podendo apoiar-se no solo, se necessário.

Em geral, as calhas vibratórias são bastante curtas, pois alimentam o transportador de correia, que é um equipamento de transporte, razão pela qual se torna desnecessária a construção de calhas longas, que exigiriam uma estrutura muito mais reforçada, além de demandar potências maiores.

Assim, trata-se de equipamentos muito compactos, que podem ser instalados em espaços restritos, como é o caso de túneis sob pilhas.

As calhas vibratórias podem ter acionamento eletromagnético, mas, por causa das condições agressivas e, frequentemente, da dificuldade de acesso, quando instaladas em túneis sob pilhas (o que é comum na mineração), em geral opta-se por calhas com vibradores mecânicos. Elas não devem ser aplicadas para materiais muito

grosseiros, sendo, em geral, limitadas a materiais com até 300 mm ou mais finos, preferencialmente.

A regulagem da vazão pode ser feita por meio da variação da amplitude de vibração, modificando-se a massa excêntrica dos contrapesos do vibrador; por meio da variação da frequência de operação, usando-se polia escalonada montada no eixo do motor; por meio da troca de polias, de variadores de velocidade, como inversores de frequência aplicados no motor; ou, ainda, pela variação da altura da camada, que pode ser obtida através da regulagem da altura da comporta de descarga. Como as calhas trabalham com material mais fino, é mais fácil regular a altura da comporta.

O acionamento é parte integrante da estrutura de apoio das calhas, sem necessitar da construção de bases adicionais. Elas atingem vazão que pode superar 200 m³/h.

A Fig. 4.16 mostra uma calha vibratória instalada em túnel sob pilha, retomando brita. A Tab. 4.8 apresenta as principais características das calhas vibratórias fabricadas pela Metso.



Fig. 4.16 Calha vibratória retomando brita estocada em pilha

Tab. 4.8 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS CALHAS VIBRATÓRIAS METSO

Modelos	Peso (kg)	Motor		Capacidade (m ³ /h)	Maior pedra (polegadas)	Boca de saída (mm)
		hp	polos			
CV 1308	750	5	IV	70-150	8	800 x 700
CV 1510	950	5	IV	100-200	12	900 x 900

4.3.4 Dimensionamento

O dimensionamento dos alimentadores vibratórios, de acordo com a Metso, é mostrado pela expressão:

$$Q = 3.600 \times \phi 1 \times \phi 2 \times V \times L \times H \text{ (m}^3/\text{h)} \quad (4.14)$$

onde:

$\phi 1$ = fator de granulometria:

$\phi 1 = 1$ para areia;

$\phi 1 = 0,8 - 0,9$ para pedra britada até 6";

$\phi 1 = 0,6$ para pedras maiores que 6";

$\phi 2$ = fator de umidade:

$\phi 2 = 1$ para material seco;

$\phi 2 = 0,8$ para material molhado;

$\phi 2 = 0,6$ para material argiloso e molhado;

L = largura da mesa (m);

H = altura da camada de material sobre a mesa, que depende do tipo de carregamento e da granulometria do material, não podendo exceder o seguinte:

$H \leq 0,5 \times L$ para pedras grandes;

$H \leq 0,3 \times L$ para pedra britada até 6";

$H \leq 0,2 \times L$ para areia e pedras pequenas;

V = velocidade de movimentação do material na placa vibratória, conforme o gráfico da Fig. 4.17. É função da rotação (rpm) e da amplitude (mm). A amplitude "a", nos alimentadores vibratórios, costuma ser regulável. Nos equipamentos da Metso, os valores variam de 3 mm a 7 mm, pela troca dos pesos excêntricos.

Nota: A amplitude corresponde à metade do movimento.

Caso a mesa seja inclinada no sentido descendente, a velocidade aumenta na seguinte proporção:

$\alpha = 5^\circ \Rightarrow$ multiplicar por 1,3;

$\alpha = 10^\circ \Rightarrow$ multiplicar por 1,6.

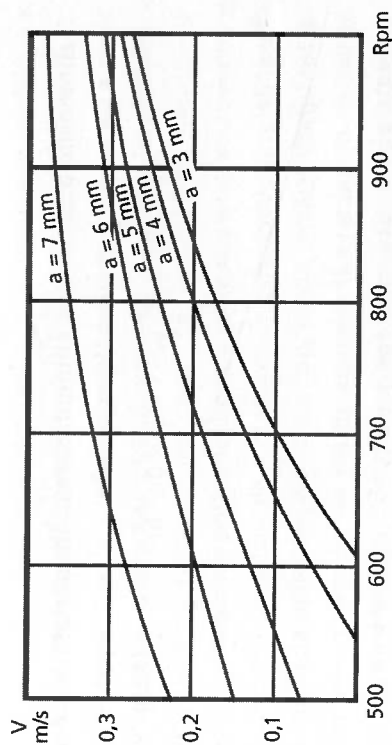


Fig. 4.17 Velocidade de deslocamento do material em função da frequência e da amplitude da vibração

4.4 Alimentadores de gaveta

Alimentadores de gaveta ou reciprocativos são equipamentos de concepção antiga. Trata-se de uma mesa ou gaveta fechada atrás e aberta na frente. Ela recebe o material, move-se para a frente e retorna rapidamente. O material contido no silo cai sobre a calha e não permite que a porção que já estava na calha retorne. Dessa forma, o material vai sendo “empurrado” para a frente a cada retorno da gaveta e, assim, é descarregado do equipamento. A Fig. 4.18 mostra um alimentador de gaveta.



Fig. 4.18 Alimentador de gaveta

A vazão é regulada pela variação da amplitude do movimento reciprocativo e pela altura da camada sobre a placa. O movimento é gerado por uma biela, cujo braço pode ter seu comprimento variado. Eventualmente, pode-se optar por variador de velocidade.

Pelo fato de o material ficar estático e a placa ser puxada pela biela, há um escorregamento entre a placa e o material, sob o peso de toda a carga contida no silo acima. Isso faz com que a gaveta sofra intenso esforço. Caso a velocidade seja muito elevada, o desgaste torna-se muito grande. Além disso, se a gaveta se movimentar muito rapidamente, haverá uma perda de capacidade por não haver tempo suficiente para encher a calha. Assim, a velocidade da gaveta é limitada.

Isso justifica uma das limitações do equipamento, que é justamente a capacidade limitada. Portanto, alimentadores de gaveta são equipamentos para vazões pequenas a médias.

O alimentador de gaveta é um equipamento muito compacto, barato e de boa e fácil operação. O acionamento é de baixa potência, o que implica custos operacionais baixos. Por outro lado, possui muitas peças móveis, o que resulta em manutenção frequente e cara.

A Fig. 4.19 mostra um alimentador de gaveta e seu acionamento. Embora a regulagem de vazão possa ser muito precisa, o fluxo não é uniforme, mas intermitente.

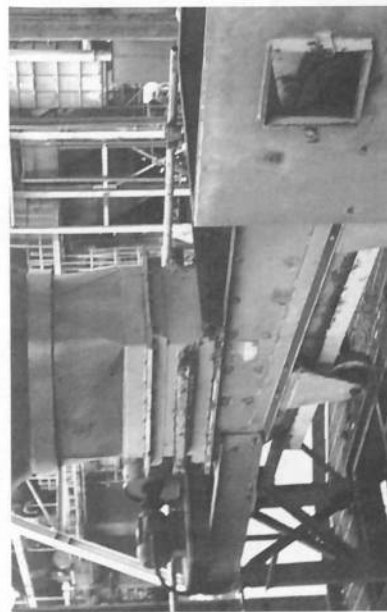


Fig. 4.19 Alimentador de gavetas e seu acionamento

A Tab. 4.9 mostra a capacidade média de alimentadores da Metso. Observe que não é dado o curso da gaveta, tampouco o grau de enchimento. Por se tratar de dados de um fabricante, esses valores foram omitidos, e foi apenas apresentada, para esse equipamento, a posição de fixação da biela sobre o disco excêntrico.

Tab. 4.9 REGULAGEM MÉDIA DOS ALIMENTADORES DE GAVETA DA METSO

Modelo	rpm	Posição				
		1	2	3	4	5
1204	28	19	25	30	35	40
	60	42	55	66	74	87
1506	28	38	49	57	66	75
	60	81	105	121	142	162

A Tab 4.10 mostra algumas características dos equipamentos da Metso.

Tab. 4.10 CAPACIDADE MÉDIA DE ALIMENTADORES DE GAVETA DA METSO

Modelo	Peso (kg)	hp	Motor polos	Tamanho máximo (polegada)
1204	500	1,5	IV	4
1506	900	3	IV	6

4.4.1 Dimensionamento

A capacidade do equipamento é calculada pela expressão:

$$Q = w \cdot l \cdot h \cdot f \cdot \eta \quad (4.15)$$

onde:

Q = vazão volumétrica;

w = largura da camada;

l = curso da gaveta;

h = altura da camada;

f = frequência do movimento recíproco da gaveta;

η = % do enchimento da gaveta, em unidades coerentes.

Comumente se adotam a frequência em rpm e a alimentação em t/h. Assim, a equação adquire a seguinte configuração:

$$Q = 60 \cdot w \cdot l \cdot h \cdot f \cdot \eta \cdot \rho \quad (4.16)$$

onde:

Q = vazão (t/h);

ρ = densidade aparente do material em t/m³.

4.5 Alimentadores de correia

Trata-se de um transportador de correia plano (roletes horizontais) instalado abaixo de um silo ou moega. Os roletes abaixo da moega ou da tremonha são todos de impacto e com o mínimo espaçamento possível entre si. A correia é reforçada para suportar os esforços, que são muito mais elevados que os observados em transportadores comuns. Usam-se guias laterais ao longo de todo o alimentador. O fato de essa correia ser especial e fabricada para cada equipamento faz com que as larguras padronizadas de correias oferecidas pelos fabricantes não sejam necessariamente observadas pelos fabricantes de alimentadores de correia.

O esfregamento da correia de borracha contra o material contido no silo, leva à principal limitação desse equipamento, que é justamente a sua impossibilidade de manusear materiais grosseiros ou pontiagudos, que podem cortar a correia. Além disso, como todo o arrancamento do material do silo se dá pelo atrito entre o material e a correia, esse tipo de alimentador não opera bem com materiais que formem estruturas embricadas estáveis ou que sejam muito coesos.

A vazão é variada mediante a velocidade do transportador ou a altura da camada sobre ele (abertura da comporta da moega). A vazão é muito regular e independe da altura do material dentro da moega ou silo. Trata-se, portanto, de um alimentador muito preciso – sob esse aspecto, o melhor de todos –, o que possibilita seu uso inclusive como dosador de materiais ou reagentes secos, como amido usado como depressor na flotação de diversos minerais.

Alimentadores de correias manuseiam bem materiais úmidos e argilosos, até um certo limite. Suas limitações, nesse caso, se referem ao elevado desgaste da correia. A aplicação com materiais coesivos é

problemática, não por causa das suas limitações como alimentador, mas da regularidade do fluxo dentro do silo. O mesmo pode ocorrer com materiais muito finos ou muito pouco coesivos, que não mantêm estável a camada sobre a correia.

São muito flexíveis em termos de layout, podendo ser fabricados com qualquer comprimento, e não precisam ser necessariamente horizontais. Podem ser facilmente confinados, impedindo o desprendimento de poeiras e, ainda, podem elevar o material.

O acionamento é feito no tambor de cabeça, por meio de motor e redutor, com sistema intermediário de transmissão por corrente e roda denteada.

O cálculo da capacidade é o mesmo dos transportadores de correia, mas as velocidades de operação são muito menores que nos transportadores. De fato, enquanto nos transportadores opera-se com velocidade de até 5 m/s ou ainda maiores, os alimentadores de correia estão limitados a 0,5 m/s para materiais pouco abrasivos. No caso de materiais abrasivos, recomendam-se velocidades ainda menores. Já o cálculo das tensões na correia e a potência são diferentes, pois são máquinas que sofrem esforços muito maiores em comprimentos muito menores.

Os alimentadores de correia são principalmente usados para pequenas vazões de materiais finos, por causa do seu baixo custo, pequena área ocupada, baixo ruído, precisão, facilidade de manutenção e estanqueidade. A Fig. 4.20 mostra um alimentador de correia.

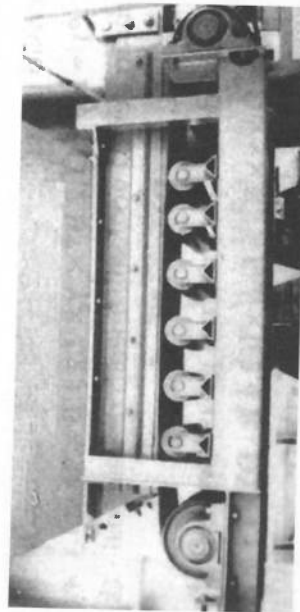


Fig. 4.20 Alimentador de correia

A Tab. 4.11 mostra a capacidade dos transportadores de correia de rolos planos de diversas larguras. Observe que a capacidade refere-se à velocidade de 1 m/s, e os alimentadores, conforme já dito, trabalham com velocidades menores. É importante ressaltar que:

- ◆ para o cálculo da capacidade efetiva, multiplicar a velocidade do alimentador pelos valores apresentados, lembrando que a velocidade deverá ser menor que 0,5 m/s;
- ◆ o ângulo de acomodação sobre a correia ou ângulo de repouso dinâmico deve ser de 5° a 10° menor que o ângulo de repouso estático, por causa da vibração da correia; porém, como o alimentador move-se a baixa velocidade, pode-se adotar apenas menos 5° em relação ao estático;
- ◆ a capacidade da Tab. 4.11 já inclui os taludes decorrentes da acomodação do material e, assim, adotar a medida apenas da boca da tremonha é um dado conservador em termos de capacidade. No entanto, caso a abertura da tremonha tenha um valor bem menor que a largura efetiva da correia, recomenda-se adotá-la como sendo a largura, para o cálculo da capacidade.

Tab. 4.11 CAPACIDADE DOS TRANSPORTADORES DE CORREIA DE ROLOS PLANOS DE DIVERSAS LARGURAS

Ângulo de acomodação (dinâmico)	Largura da correia (pol) / capacidade em m ³ /h para v = 1 m/s														
	16	24	30	36	42	48	54	60	72	84					
5°	4	7	10	17	25	44	59	74	108	153					
10°	10	16	25	40	59	100	140	174	254	369					
15°	15	26	39	63	93	163	219	272	397	569					
20°	21	35	52	85	125	218	293	365	532	777					
25°	26	44	66	107	158	266	371	461	673	948					
30°	32	53	80	130	192	334	449	559	815	1021					

4.5.1 Cálculo da tensão e da potência

A tensão efetiva pode ser obtida pela expressão:

$$T_e = P_e + P_1 + P_s + P_{fs} + P_h \quad (\text{kgf}) \quad (4.17)$$

onde:

P_e = tensão para movimentar a correia vazia - (kgf):

$$P_e = L \cdot (K_x + K_y \cdot W_b + 0,02 W_b) + 45,4 \quad (4.18)$$

P_1 = tensão para movimentar o material - (kgf):

$$P_1 = K_y \cdot (1,2 B^2 \cdot \rho \cdot L_2 + B \cdot D \cdot L_3 \cdot \rho) \quad (4.19)$$

P_s = tensão decorrente do cisalhamento do material - (kgf):

$$P_s = (1,2 B - D) \cdot \rho \cdot L_1 \cdot f_m \cdot B \quad (4.20)$$

P_{fs} = tensão decorrente do atrito nas guias laterais - (kgf):

$$P_{fs} = D \cdot \rho \cdot K_a \cdot f_{sm} \cdot [(2,4 B - D) \cdot L_1 + D \cdot L_3 + 8,93 \cdot L] \quad (4.21)$$

P_h = tensão para elevar o material - (kgf):

$$P_h = B \cdot D \cdot \rho \cdot H \quad (4.22)$$

Nas fórmulas apresentadas, a simbologia adotada é a seguinte:

ρ = densidade aparente do material (kg/m^3);

W_b = peso da correia (kgf/m) (Tab. 4.12);

Tab. 4.12 VALORES DE PESO MÉDIO DA CORREIA W_b (kg/m)

Largura (")	16	20	24	30	36	42	48	54	60	72	84
$\frac{Q}{V}$	5,2	6,5	7,7	11,9	14,3	17,7	20,2	26,8	29,8	35,7	41,6
$\frac{Q}{V}$	6,4	8,0	9,6	13,5	16,2	21,0	24,0	37,6	41,8	50,1	58,4

$K_x = 0,0068 (W_m + W_b) + x/a$ (kgf/m), ou ainda, $K_x = 4,46 \text{ kgf}/\text{m}$ para casos gerais;

$K_y = 0,04$ para roletes planos ou $K_y = 0,05$ para roletes inclinados;
 f_m = fator relativo ao atrito interno do material. Para materiais finos, secos e de escoamento fácil, $f_m = \tan \theta$. Para materiais em pedaços, úmidos ou de escoamento difícil, o valor de f_m deve ser aumentado (Tab. 4.13);

f_{sm} = atrito do material com o aço (Tab. 4.14);

K_a = relação entre as pressões laterais e verticais:

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \quad (4.23)$$

Tab. 4.13 COEFICIENTE DE ATRITO INTERNO

Material	f_m
Areia	0,65
Carvão	0,65
Coque	0,65
Minério (finos)	0,65
Minério (grossos)	0,80
Cascalho	0,65

Tab. 4.14 COEFICIENTE DE ATRITO COM O AÇO

Material	f_{sm}
Areia	0,33
Carvão betuminoso	0,32
Carvão antracitoso	0,29
Cascalho	0,50
Coque	0,47
Escória	0,60
Minério (finos)	0,55
Minério (grossos)	0,75
Rocha britada	0,54
Rocha fosfática	0,54

θ = ângulo de repouso do material (graus);

B = abertura da guia de material (m);

D = altura da camada de

material sobre correia (m) - deve ser inferior a $B/2$;

$$D = \frac{Q}{g \cdot V \cdot B \cdot 3.600} \quad (4.24)$$

Q = capacidade (t/h);

V = velocidade (m/s) (adotar até 0,5 m/s para material não abrasivo e até 0,3 m/s para material abrasivo);

L, L_1, L_2, L_3 = comprimentos indicados na Fig. 4.21;

H = altura de elevação do material (m).

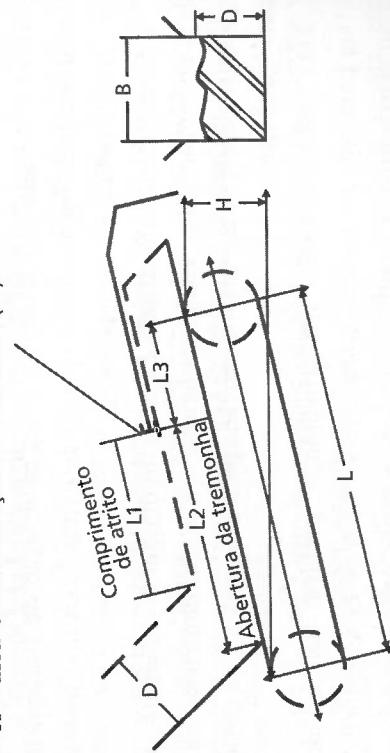


Fig. 4.21 Comprimentos indicados para cálculo da potência do alimentador de correia

4.6 Alimentador espiral

Trata-se de uma espiral que gira em torno de seu eixo, dentro de uma calha, semelhante a uma bomba de Arquimedes, mas que transporta sólidos. O eixo é suportado por bucha e mancais ou por rolamentos em ambas as extremidades. Esse equipamento é acionado por coroa e pinhão, e motor e redutor (ou motorreductor). Caso disponha de velocidade variável, ele passa a trabalhar como dosador e é bastante preciso nessa aplicação.

É um alimentador/transportador especializado: trabalha apenas com materiais finos (sempre abaixo de 3 mm ou 1/8") e secos, sendo especialmente adequado para materiais abaixo de 0,15 mm (malha 100 Tyler). Tem a vantagem de ser totalmente confinado, impedindo o desprendimento de poeiras e as perdas de finos associadas.

Apresenta grande poder de arrancamento do material do silo e consegue forçá-lo pelo tubo, o que permite empurrar materiais coesos e de baixa fluidez.

A espiral pode ter passo constante ou variável. Recomenda-se a espiral de passo variável dentro do silo ou moega, de modo a retornar o material ali contido de maneira uniforme (o passo aumenta na direção do fluxo). O passo variável também é particularmente interessante quando se leva em conta que o material confinado no silo está sob pressão e, portanto, com seu volume contraído. Quando este é arrancado e liberado, o volume aumenta por causa da redução na pressão e, portanto, abrindo-se o passo da rosca na direção do transporte, o material terá mais espaço para expandir-se, evitando entupimentos ou o aumento da tensão no eixo da rosca.

No mesmo sentido, atuam espirais de diâmetro crescente, pois ambos os mecanismos visam aumentar o volume dentro da calha para a quantidade de material arrancada pelo alimentador na posição de carregamento.

Para dobrar a vazão, em princípio, é possível instalar duas espirais paralelas na mesma calha. A colocação de duas espiras no mesmo eixo aumenta significativamente a capacidade, contudo não chega a dobrá-la, pois há uma ligeira perda de eficiência. De fato,

recomenda-se multiplicar a capacidade por 1,8 (aumento de cerca de 80% da capacidade), quando se altera de espira simples para espira dupla.

O alimentador espiral é flexível em termos de layout, pois pode ser fabricado com qualquer comprimento, podendo, inclusive atuar como alimentador e transportador para curtas distâncias (da ordem de poucas dezenas de metros). Permite pequenas inclinações tanto positivas como negativas. Ocupa pouco espaço e é relativamente barato.

O principal problema é a possibilidade de entupir a entrada com fragmentos maiores ou por coesão de material úmido. No caso de retenção de pedaços grosseiros entre a espira e calha, podem ocorrer acidentes sérios como o empenamento ou mesmo a quebra do eixo, razão pela qual esse equipamento não é indicado para materiais grossos, ainda que em pequena quantidade.

Quando o material a ser transportado é abrasivo, o custo de manutenção pode tornar-se muito elevado, bem como a contaminação do material com o ferro retirado.

Um das aplicações mais frequentes é a alimentação de sistema de transporte pneumático. Nesse caso, o material é sempre fino e o alimentador espiral apresenta como grande vantagem o fato de ser estanque e não permitir a entrada de ar (em sistemas de baixa pressão) ou a saída de ar e pó nos sistemas de pressão positiva.

A possibilidade de atrito entre a calha e a espira pode provocar aquecimento ou fagulhas, o que torna esse sistema não recomendado para materiais sensíveis à temperatura ou inflamáveis. Pode-se usar revestimento não faiscante na espira (como bronze, polímeros como o poliuretano, que também funcionam como proteção contra abrasão), mas são proteções que, quando se desgastam, são difíceis de ser trocadas.

A Tab 4.15 fornece as capacidades para os equipamentos que eram fornecidos pela empresa LPW.

A Fig. 4.22 mostra um alimentador espiral e a sua espira separados.

Tab. 4.15 CAPACIDADE DE TRANSPORTADORES DE ESPIRAL

Diâmetro (polegadas)	Passo (polegadas)		Rotação máxima (rpm)	Capacidade	
	padrão	curto		Passo padrão (m³/h)	Passo curto (m³/h)
6	6	4	70	0,13	0,08
9	9	6	70	0,45	0,30
12	12	8	60	1,06	0,71
14	14	10	50	1,76	1,19
16	16	10	40	2,65	1,73



Fig. 4.22 Alimentador espiral e a sua espira

4.7 Alimentadores especiais

Os equipamentos apresentados anteriormente são os mais importantes do ponto de vista industrial da mineração e metalurgia. Problemas especiais exigem soluções especiais. Assim, materiais extremamente finos ou pegajosos demandam alimentadores específicos. Alguns modelos são descritos sucintamente a seguir.

4.7.1 Alimentador wobler

Este alimentador é extremamente especializado, sendo indicado para materiais excessivamente pegajosos (*sticky materials*), como a bauxita e o carvão úmido, e materiais terrosos e argilosos, como diversos minérios intemperizados como o minério de níquel, entre outros. Constitui-se de uma grelha de barras rotativas, com um conjunto de cilindros colocados paralelamente uns aos outros e dispostos perpendicularmente à direção de movimentação do material, como mostrado na Fig. 4.23. As barras têm saliências de seções elípticas e giram sempre uma em oposição

à outra. Dessa forma, o material é transportado para a frente. Os finos e a lama podem passar entre as barras e são recolhidos por um transportador de correia montado abaixo. Como eles contêm a maior quantidade de umidade e são a porção mais grudenta do material, a movimentação vai ficando cada vez mais fácil à medida que o material vai avançando no alimentador.

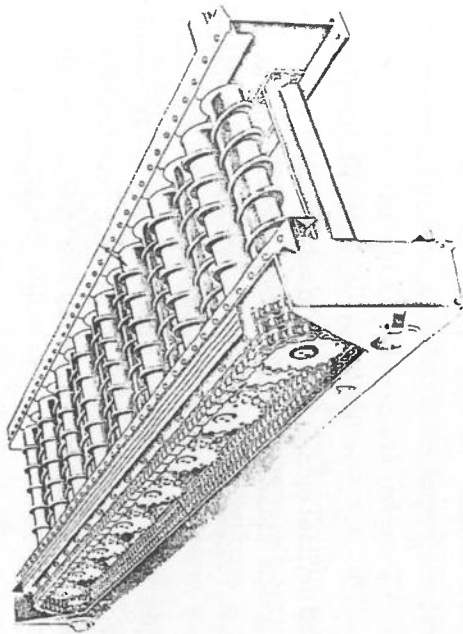


Fig. 4.23 Alimentador wobler

Esse material se comporta de maneira semelhante a uma torta de filtro e para se movimentar ele é empurrado para a frente e alternadamente de um lado para o outro, o que dificulta a aderência do material.

Como é um equipamento especializado, o alimentador wobler tem custo de aquisição elevado e é bastante limitado a aplicações específicas, não sendo recomendável para materiais grosseiros, materiais secos ou de fluxo livre, pois estes escorreriam pelos rolos, que não são estanques.

A Fig. 4.24 mostra um esquema do funcionamento do alimentador wobler.

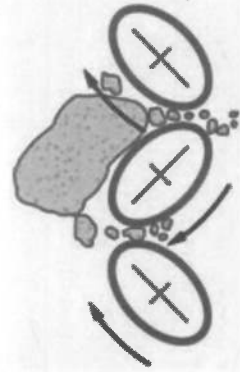


Fig. 4.24 Esquema do funcionamento alimentador wobler

4.7.2 Válvula rotativa

A válvula rotativa não é exatamente um alimentador, mas pode ser usada como tal. Trata-se de um sistema desenvolvido para garantir estanqueidade quando é necessário evitar a entrada ou a saída de fluxo gasoso (ar ou outros gases).

Muito usadas em sistemas de transporte pneumático, as válvulas rotativas, à semelhança dos alimentadores de gaveta, não fornecem um fluxo contínuo, mas sim intermitente. A válvula rotativa possibilita alimentação e dosagem de elevada precisão.

O eixo perpendicular da seção mostrada na Fig. 4.25 gira por meio de um acionamento. O volume vazio entre as duas placas fica cheio de material, que é empurrado pelo movimento giratório. As

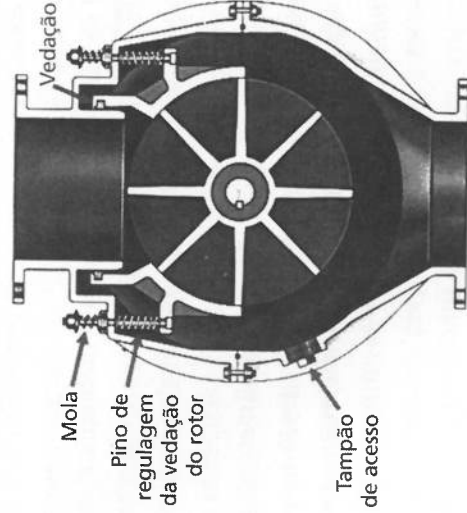


Fig. 4.25 Esquema de válvula rotativa

palhetas servem também para selar o sistema, impedindo a entrada de ar.

É limitada em seu emprego para materiais finos de boa fluidez. Materiais pegajosos, grosseiros, úmidos ou de baixa fluidez não são bem manuseados por esse sistema.

Pelo fato de as palhetas se atritarem contra as paredes da válvula, há um desgaste acentuado, e isso pode ser crítico para diversas aplicações, pois, quando há desgaste, o sistema perde estanqueidade.

Nas válvulas maiores são utilizadas palhetas revestidas com bordas de material mais mole que o empregado no corpo da válvula, para que este se desgaste e proteja a carcaça. São utilizados bordas de bronze, polímeros ou outros materiais. Aparafusados com furos alongados (oblongos) permitem que a borda possa ser empurrada para a frente à medida que se desgasta, possibilitando uma regulagem dessa variável de maneira a não perder a estanqueidade.

Para uma dosagem controlada de materiais como cimento e cal, entre outros, a válvula rotativa pode ser fornecida com vedação adicional para pressões de trabalho até 500 mm CA. Os mancais podem ser flangeados nas paredes laterais ou afastados, dependendo da temperatura do material. O rotor possui lâminas de aço e molas reguláveis, facilmente substituíveis. Pode ser oferecido opcionalmente o acionamento por meio de motorreductor, corrente e rodas dentadas com velocidade variável.

4.7.3 Alimentador de arraste

São placas ou barras ligadas por correntes, que são arrastadas no fundo de uma calha. As correntes são acionadas por rodas denteadas. Têm emprego restrito a clínquer quente e como transportadores na frente de lavra da mineração de carvão pelo método *long wall* e a poucas aplicações que demandam alta capacidade de arrancamento ou a matérias de escoamento especialmente difícil. São muito utilizados em *reclaimers*.

Caracterizam-se por boa regularidade da vazão, capacidade de arrastar qualquer coisa e possibilidade de trabalhar com pequenas

inclinações. Eles podem ser totalmente confinados, o que elimina problemas de poeira. Em contrapartida, são caros, exibem grande desgaste por abrasão, dificuldades de manutenção decorrentes da dificuldade de acesso e custos operacional e de manutenção elevados.

A LPW fabricava três modelos, cujas capacidades básicas são apresentadas na Tab. 4.16. Essas capacidades se referem à velocidade de 6 m/min (20 ft/min) e material de densidade 800 kg/m³ (50 lb/ft³). Variando esses parâmetros, a capacidade varia na proporção direta. A

velocidade está limitada a 15 m/min (50 ft/min), bem como a densidade aparente do material a transportar a 1.600 kg/m³ (100 lb/ft³).

A Fig. 4.26 mostra um alimentador de arraste.

Tab. 4.16 CAPACIDADE DE TRANSPORTADORES DE ARRASTE

Largura (polegadas)	Capacidade (t/h)
18	16,4
24	21,8
36	32,9

4.7.4 Mesa rotativa

Para materiais de difícil escoabilidade, utilizam-se silos de paredes quase verticais, verticais ou mesmo com inclinações negativas para silos de pequeno porte. A descarga desses silos é problemática, por causa do tamanho da boca de descarga. O alimentador de mesa rotativa constitui-se numa boa solução, como mostra a Fig. 4.27. É um disco de diâmetro maior que a boca do silo, girando de baixo deste. O silo termina num anel vertical que tem uma abertura triangular. O material ensilado espalha-se sobre a mesa, que gira até um desviador, onde o material é empurrado para fora do alimentador.

Esse equipamento aplica-se a materiais finos de difícil escoamento. A mesa é fabricada sob encomenda, com o diâmetro necessário de acordo com as dimensões do silo que se deseja descarregar. Apresenta como inconveniente a necessidade de esvaziar o silo para a troca da mesa, pois esta não pode ser removida com o silo carregado. Não se aplica a materiais grosseiros ou pontiagudos. Geralmente é um sistema para silos pequenos e vazões baixas.

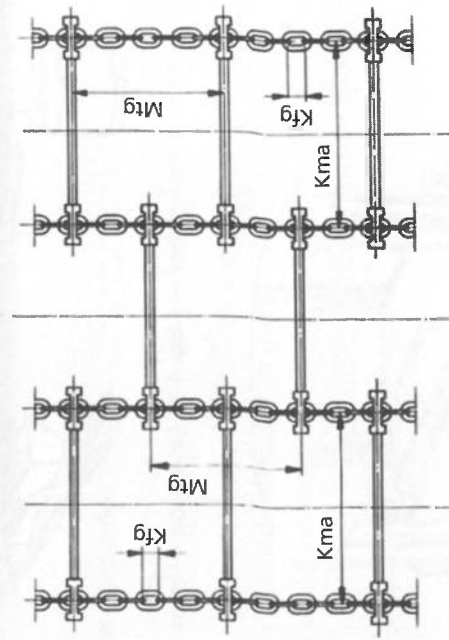


Fig. 4.26 Alimentador de arraste

4.7.5 Alimentador de braços rotativos

Também adequado para materiais de baixa escoabilidade. Um modelo é mostrado na Fig. 4.28. Ele consiste de um carrinho sobre o qual está instalado esse dispositivo. O silo tem uma saída em fenda horizontal. Os braços entram nessa fenda e retiram o material ali estocado, derrubando-o sobre o carrinho. Uma variante é mostrada na Fig. 4.29. Trata-se de um braço que gira no fundo do silo e dirige o material para uma saída central.

Exercícios resolvidos

4.1 Selecionar um alimentador para um britador de mandíbulas primário, operando com capacidade média de 500 t/h e de pico de 800 t/h. O minério vem direto por caminhões e é descarregado sobre uma moega com blocos de até 600 mm (top size). O minério tem densidade aparente de 1,8 t/m³, e no período de chuvas a umidade chega até 10%, quando se torna pegajoso e de difícil escoamento. A moega possui 3 m de comprimento no fundo e serão necessários mais 2 m para chegar até a boca do britador. O material precisa ser elevado em 0,5 m para isso.

Solução:

Considerando:

- a) atratar-se de um minério que vem diretamente do desmonte (ROM);
- b) apresenta blocos de até 600 mm;
- c) densidade elevada (1,8 t/m³);
- d) vazão até 800 t/h; e
- e) quando molhado torna-se pegajoso; então o alimentador a ser empregado é o de sapatas.

Uma vez escolhido o tipo de equipamento, deve-se dimensioná-lo.

Capacidade de alimentação

$$T = 60 \cdot B \cdot D \cdot p_a \cdot V \cdot \varphi$$

Da Tab. 4.2, observa-se que os modelos padrão têm larguras de 750, 1.000, 1.200 ou 1.500 mm (naturalmente que outros fabricantes podem oferecer modelos diferentes). Como a Tab. 4.3 fornece valores de vazão em m³/h, transforma-se a vazão de t/h para m³/h: capacidade de pico = 800 t/h, $p_a = 1,8 \text{ t/m}^3$.

Portanto, capacidade = $800 / 1,8 = 444 \text{ m}^3/\text{h}$.

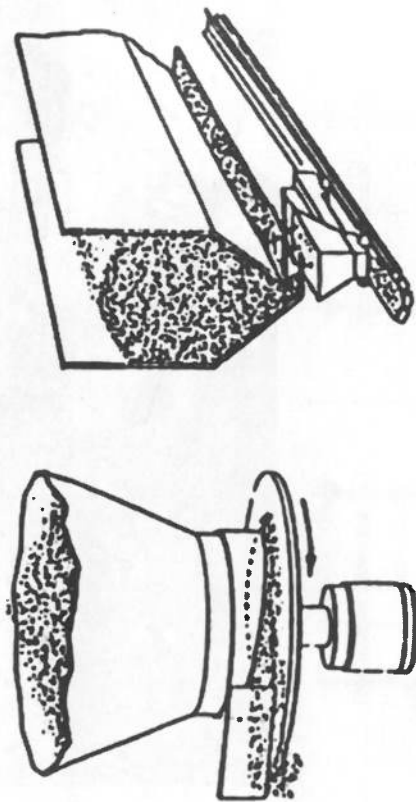


Fig. 4.27 Alimentador de mesa rotativa

Fig. 4.28 Alimentador de braços rotativos sobre carro

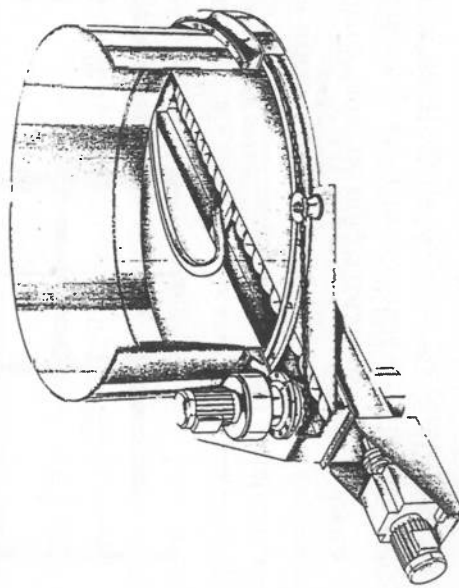


Fig. 4.29 Alimentador de braços rotativos sobre mesa

Observe que foi usada a capacidade de pico, e não a capacidade média, pois é necessário garantir que o britador será alimentado à plena capacidade quando necessário.

Entrando com valores na fórmula utilizada, tem-se:

$$800 = 60 \times B \times (2,5 \times 0,8) \times 1,8 \times 7 \times 0,5$$

$$\text{Então, } B = 800 / [60(2,5 \times 0,8) \times 1,8 \times 7 \times 0,5]$$

Portanto, $B = 1,06$ m.

Observe que se adota a altura de camada como 2,5 vezes o top size, o que é possível mas nem sempre atingido. Admitiu-se ainda o enchimento como 50%, pois, no caso de descarga direta, é impossível manter uma camada perfeitamente regular. Finalmente, a velocidade adotada, de 7 m/min, é um valor intermediário.

Deve-se agora recalcular o equipamento, procurando a largura menor entre as dimensões comerciais. Essa largura é $B = 1$ m. Assim, tem-se:

$$800 = 60 \times 1 \times (2,5 \times 0,8) \times 1,8 \times V \times 0,5$$

que leva a $V = 7,4$ m/min.

O limite de velocidade é 11 m/min (que pode levar a desgaste excessivo). Dessa forma, essa máquina atende ao desejado.

Arranjo mecânico

O modelo de prateleira mais próximo (Tab. 4.2) é o MT 60100, que tem largura de 1.000 mm e comprimento de 6.000 mm. Haverá uma folga de 1.000 mm na parte traseira do equipamento (Fig. 4.30).

Agora será verificado se a largura do alimentador atende às necessidades do material alimentado. Essa largura precisa ser, no mínimo, 1,5 vez o diâmetro do maior bloco (600 mm).

Portanto, $L \geq 1,5 \times 600 = 900$ mm.

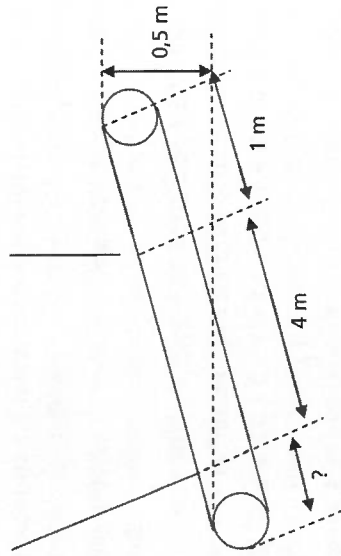


Fig. 4.30 Arranjo mecânico

Como $L = 1.000$ mm, atende.

Cálculo da potência: $P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$.

P_1 é o esforço necessário para vencer o atrito nos roletes:
 $f \times (1,2 \times B^2 \times L_2 \times p_a + B \times D \times L_3 \times p_a + M) \times 1.000$

Em razão do tamanho dos blocos e e pelo fato de eles caírem do caminhão diretamente sobre o alimentador, serão adotados roletes e sapatas de aço manganhês. Portanto, $f = 0,1$.

A Tab. 4.2 informa que, para o modelo selecionado, os elementos móveis pesam 7,2 t.

F_s é a resistência decorrente do atrito do material com a borda da tremonha. A Tab. 4.4 mostra esses valores. Lembrar que D , nesse caso, representa a abertura da parte transversal do fluxo, que pode ser aproximada pela largura da esteira. No caso, a abertura (ou melhor, a largura da esteira) é de 1 m e a densidade aparente do material é de $1,8 \text{ t/m}^3$.

Interpolando-se o valor da densidade aparente, tem-se:

$$F_s = 196 + [(294 - 196)/0,8] \times 0,2 = 220,5.$$

Então:

$$P_1 = 0,1 \times (1,2 \times 12 \times 3 \times 1,8 + 1 \times 2 \times 1 \times 1,8 + 7,2) \times 1.000 = 1.728 \text{ kgf.}$$

P2 é o esforço pelo atrito entre o material e a tremonha: $F_s \times L = 220 \times 6 = 1.323 \text{ kgf}$.

P3 é o esforço pelo atrito entre o material movido e o material parado:

$$900 \times B2 \times L1 \times pa = 900 \times 12 \times 3 \times 1,8 = 4.860 \text{ kgf}.$$

P4 é o esforço necessário para elevar o material:

$$1.000 \times pa \times B \times D \times H = 1.000 \times 1,8 \times 1 \times 2 \times 0,5 = 1.800 \text{ kgf}.$$

Resulta que:

$$Pt = P1 + P2 + P3 + P4 = 1.728 + 1.323 + 4.860 + 1.800 = 9.711 \text{ kgf}.$$

A potência necessária é, então:

$$N = Pt \times V / (4.500 \times \eta) = 9.711 \times 7,4 / (4.500 \times 0,75) = 21,3 \text{ hp}.$$

Esta é a potência no eixo do alimentador, sem considerar o rendimento no redutor ou picos por causa de travamentos instantâneos provocados pela carga. É preciso também utilizar motores especiais para várias partidas por hora, uma vez que geralmente o alimentador funciona como dosador do britador, o que obriga a paradas e partidas frequentes. É necessário considerar a eficiência da transmissão e um fator de serviço (não é fator de segurança nem de projeto!):

$$\text{potência do motor} = N \times F_s / \eta_{\text{reductor}} = 21,3 \times 1,3 / 0,85 = 32,6, \text{ aproximado para motores comerciais: } 35 \text{ hp}.$$

Observe que, apesar da capacidade elevada, o equipamento não consome muita energia, ou seja, a potência é relativamente baixa, e que, desse consumo, 18,5% são gastos na elevação do material.

4.2 Um silo de calcário britado menor que 1/8" será descarregado através de um alimentador. A vazão desejada é de 240 t/h.

A boca do silo é retangular, 0,8 x 2,0 m. O alimentador deverá ser instalado na direção do eixo maior da boca de descarga.

O calcário tem ângulo de repouso de 45° e densidade aparente de 1,6 t/m³. A umidade é de 20%.

O equipamento deverá levar o material a 6 m de distância horizontal (contada a partir da parte traseira da moega), elevando-o 0,5 m.

Solução:

Em razão da umidade do material, não se recomenda o uso de máquinas vibratórias (migração da água contida). Como o material é relativamente fino e está estocado em silo, o equipamento indicado é o alimentador de correias. Esse equipamento tem ainda a capacidade para elevar o material conforme desejado.

A Tab. 4.11 apresenta a capacidade de alimentadores de correia em m³/h para a velocidade de 1 m/s. É, portanto, necessário transformar a vazão de t/h para m³/h:

$$Q = 240 / 1,6 = 150 \text{ m}^3/\text{h}$$

O calcário britado é pontiagudo e abrasivo, de modo que a velocidade será limitada a 0,3 m/s, para evitar danos à correia, o que reduz proporcionalmente a capacidade mostrada na Tab. 4.11.

Como a boca do silo é retangular (0,8 x 2,0 m) e o alimentador será instalado na direção do eixo maior da boca de descarga, a largura mínima da correia será de 800 mm. É necessário deixar espaço lateral para instalar guias pelo menos no trecho de carregamento. Após o carregamento, é possível trabalhar sem guias laterais, desde que haja largura suficiente para o material se acomodar sem cair para os lados da correia. Estuda-se, posteriormente, a possibilidade de adotar alimentador sem guias laterais.

Para uma camada mínima de 0,8 m de largura e uma velocidade máxima de 0,3 m/s, para fornecer a capacidade desejada será necessária uma camada sobre a correia de:

$$c = L \times h \times v = 150 / 3.600 \text{ m}^3/\text{s} = 0,8 \times h \times 0,3 = h = 0,1736 \text{ m}$$

Assim, se $h = 0,174 \text{ m}$, mantendo-se uma camada de 17,4 cm sobre a correia, haverá o transporte ideal de 150 m³/h. Assumindo-se que o silo estará sempre cheio, adota-se o fator de serviço (novamente, não é fator de segurança nem de projeto!) de 1,25. Então, $h' = 0,164 \times 1,25 = 0,217 \text{ mm} = 22 \text{ cm}$.

Se a opção for por trabalhar sem guias laterais após o carregamento, será necessário que a correia tenha largura suficiente para acomodar o material que escorrerá para os lados da camada.

Foi informado que o ângulo de repouso é de 45° . Esse é o ângulo de repouso com o material parado, isto é, sem movimento. O transporte do material sobre a correia faz com que a cada rolete haja uma agitação da camada, que faz escorrer o material. Resulta um ângulo diferente, dito "de acomodação" ou às vezes chamado de ângulo de acomodação dinâmico, que costuma ser cerca de 10° menor que o ângulo de repouso.

Portanto:

$$\text{ângulo de acomodação} = 45^\circ - 10^\circ = 35^\circ.$$

Olhando o alimentador de frente, observa-se o aspecto esquematizado na Fig. 4.31: ao sair da zona de carregamento, a camada se espalha sobre a correia, criando dois taludes nas laterais. Para efeito de simplificação e até de segurança, considera-se a largura da camada como se mantendo em 0,8 m e soma-se a largura necessária para os taludes.

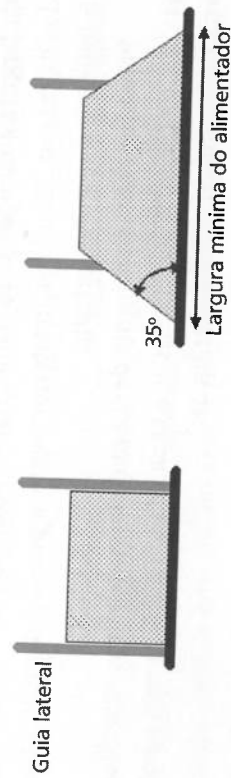


Fig. 4.31 Espalhamento do sólido granular sobre o alimentador

Assim, $\text{tg } 35^\circ = h / \text{largura adicional} = 0,314$.

O alimentador precisará, portanto, ter:

$$\text{largura mínima} = 0,8 + 0,314 + 0,314 = 1,43 \text{ m} = 56,2''.$$

Adotando um alimentador padronizado como os da Tab. 4.11, escolhe-se o de $60''$, que permite uma folga adicional de $2''$ para cada lado. Enfatiza-se a palavra "padronizado" porque os alimentadores de

correia não precisam ter as larguras padronizadas que os transportadores de correia têm. Muitas vezes, ela é cortada de uma correia maior e com número de lonas suficiente para assegurar a resistência à tensão que vai ocorrer.

Cálculo da tensão e da potência

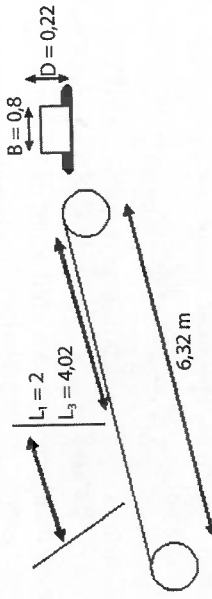


Fig. 4.32 Comprimentos no alimentador de correia

Para o comprimento total da correia, considera-se mais 0,3 m na parte traseira até o eixo do tambor traseiro. Então:

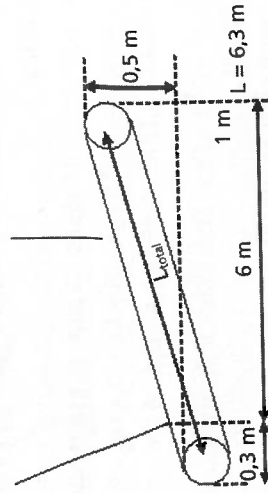


Fig. 4.33 Dimensões do alimentador

$$L_{\text{total}} = \text{tg } \alpha = 0,5/6,3, \text{ donde } \alpha = 4,53^\circ$$

$$0,5 / L = \text{sen } \alpha \Rightarrow L = 6,32 \text{ m}$$

$$T_e = P_e + P_1 + P_s + P_{fs} + P_h$$

$$P_e = L \times (Kx + Ky \times Wb + 0,02 \times Wb) + 45,4$$

$$Kx = 0,00068 \times (Wm + Wb) + x/a$$

onde:

Wm = massa de material por m de alimentador (kg);

Wb = massa de correia por m (kg);

x = coeficiente, função do tambor e dos roletes;
 a = espaçamento entre roletes.

Para casos gerais e para cálculos preliminares nos quais ainda não se conhecem os valores exatos de x e a , recomenda-se:

$$Kx = 4,46 \text{ kgf/m},$$

$$Ky = 0,04 \text{ (roletes planos)}$$

$$Wb (60'') = 41,8 \text{ kg/m (peso para material abrasivo [Tab. 4.12])},$$

$$Pe = 6,3 \times (4,46 + 0,04 \times 41,8 + 0,02 \times 41,8) + 45,4$$

$$Pe = 89,3 \text{ kgf/m}$$

$$P1 = \text{tensão para movimentar o material} =$$

$$ky \times (1,2 \times B2 \times \gamma \times L2 + B \times D \times L3 \times pa)$$

$$P1 = 0,04 \times (1,2 \times 0,82 \times 1.600 \times 2 + 0,8 \times 0,22 \times 4,3 \times 1.600)$$

$$P1 = 146,7 \text{ kgf/m}$$

$$Ps = \text{tensão decorrente do cisalhamento do material} =$$

$$(1,2B - D) \times \gamma \times L1 \times fm \times B$$

$$Ps = (1,2 \times 0,8 - 0,22) \times 1.600 \times 2 \times 0,65 \times 0,8$$

$$Ps = 1.231,4 \text{ kgf/m}$$

$$Pfs = \text{tensão pelo atrito do material com as guias laterais}$$

$$Pfs = D \times \gamma \times ka \times fsm \times [(2,4 \times B - D) \times L1 + D \times L3] + 8,93 \times L$$

$$Pfs = 0,22 \times 1.600 \times 0,1716 \times 0,55 \times [(2,4 \times 0,8 - 0,22) \times 2 + 0,22 \times 1,93] + 8,93 \times 6,3$$

$$Pfs = 205,2 \text{ kgf/m}$$

$$16Ka = (1 - \text{sen}\theta) / (1 + \text{sen}\theta) = (1 - \text{sen}45) / (1 + \text{sen}45) = 0,1716 \text{ fsm}$$

– (Tab. 4.14): 0,55 – minério fino.

$$Ph = \text{tensão para elevar o material} =$$

$$B \times D \times \gamma \times H = 0,8 \times 0,22 \times 1.600 \times 0,5 = Ph = 140,8 \text{ kgf/m}$$

Assim:

$$Te = Pe + P1 + Ps + Pfs + Ph$$

$$Te = 89,3 + 146,7 + 1.231,4 + 205,2 + 140,8$$

$$Te = 1813,4 \text{ kgf/m}$$

Para o cálculo da potência do alimentador:

$$Ne = (Te \times v) / 75 = (1.813,4 \times 0,3) / 75 = 7,5 \text{ hp}$$

Esse valor calculado refere-se à potência efetiva no eixo do tambor do alimentador. Adotando-se um fator de trabalho de 100% por causa de eventuais esforços decorrentes de travamentos instantâneos do material e de perdas na transmissão e redução, será recomendável adotar-se um motor de, pelo menos, 20 hp.

4.3 Selecionar um alimentador para alimentar um britador primário de mandíbulas. O ROM é descarregado sobre uma grelha de 12" e o passante é alimentado ao britador. A vazão de alimentação é de 350 t/h. O material tem densidade aparente de 1,4 t/m³, apresenta-se seco e, por se tratar de rocha intacta desmontada por explosivos, apresenta baixa quantidade de material fino. A boca do britador está no mesmo nível da calha do alimentador.

Solução:

Considerando:

- ◆ tratar-se de ROM;
- ◆ material grosseiro e não arredondado;
- ◆ pequena quantidade de finos;

os alimentadores mais recomendados são o de sapatas e o vibratório apoiado.

Como o alimentador vibratório tende a ser mais barato, será a primeira opção, devendo-se verificar se há alguma razão que impeça o seu uso:

- ◆ o material apresenta boa fluidez (seco e com poucos finos);
- ◆ a alimentação será feita na horizontal (visto que as máquinas vibratórias não devem ser usadas para elevar materiais);
- ◆ a maior pedra presente na alimentação não é muito grande, pois, se o material passa por uma grelha, o maior bloco (top size) será menor que a abertura da grelha (nesse caso, 12").

Assim, opta-se por um alimentador vibratório, e para receber ROM, deve ser uma máquina robusta; portanto, opta-se por uma máquina apoiada e não suspensão.

A capacidade de alimentação é dada por:

$$Q = 3.600 \times f_1 \times f_2 \times V \times L \times H$$

onde:

- ◆ f_1 é o fator de granulometria, sendo $f_1 = 1$ para areia, $f_1 = 0,8$ a $0,9$ para pedra britada até 6" e $f_1 = 0,6$ para pedras maiores que 6".

Então, neste exemplo, $f_1 = 0,6$.

- ◆ f_2 é o fator de umidade, sendo: $f_2 = 1$ para material seco, $f_2 = 0,8$ para material molhado e $f_2 = 0,6$ para material argiloso.

Então, $f_2 = 1,0$.

- ◆ V é a velocidade de escoamento sobre a calha. A Fig. 4.17 fornece a velocidade de escoamento em função da rotação e da amplitude do vibrador. Como pode ser visto dela, a velocidade varia entre 0,1 e 0,35 m/s, aproximadamente.

Para o cálculo inicial, será adotada a velocidade de 0,2 m/s. Uma vez selecionada a máquina, essa velocidade será revista.

No caso em estudo, a calha é horizontal. É importante comentar que, quando ela é inclinada na direção do fluxo, há um aumento na capacidade de transporte do equipamento. Para inclinação de 5°, a capacidade aumenta 30% e para 10°, 60%, como já comentado.

- ◆ L é a largura do equipamento, valor que será calculado para a alimentação desejada.
- ◆ H é a altura da camada, $H \leq 0,5 L$ para pedras grandes, $H \leq 0,3 L$ para pedra britada até 6", e $H \leq 0,2 L$ para areia e pedra fina. Nesse caso, $H = 0,5 L$.

Com esses valores e recalculando a vazão em volume, tem-se:

$$Q = 350 / 1,4 = 250 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 3.600 \times f_1 \times f_2 \times V \times L \times H, 250 =$$

$$3.600 \times 0,6 \times 1 \times 0,2 \times L \times 0,5 L = 216 L^2$$

$$L = 1,08 \text{ m}$$

Procurando os modelos de mercado, como os apresentados na Tab. 4.6, verifica-se que os modelos MV 40090 e 40120 têm largura de calha de, respectivamente, 0,9 e 1,2 m. Recalculando a velocidade para ambos os modelos, tem-se, consultando a Fig. 4.16:

	L	V	A (mm)	f (rpm)
MV 40090	0,9	0,29	7	640
MV 40120	1,2	0,16	6	850
			5	640
			4	730

Assim, a melhor escolha será o modelo MV 40120, pois o modelo menor exige trabalhar muito próximo do seu limite de amplitude ou de frequência, situação indesejável de projeto, pois, em Tratamento de Minérios, existem muitos fatores que podem mudar tais resultados.

Verifica-se agora a largura, que deve ser, no mínimo, 50% maior que o top size.

$$\text{top size} = 12'' = 0,51 \text{ m}$$

$$L \geq 1,5 \times \text{top size} = 1,2 \text{ m} \Rightarrow 1,2 \Rightarrow 0,76 \text{ m; portanto, atende.}$$

Referências bibliográficas

FAÇO. *Manual de britagem*. Sorocaba: Svedala, 1994.

KELLY, E. G.; SPOTSWOOD, D. J. *Introduction to Mineral Processing*. Nova York: Wiley-Interscience, 1982.

CEMA. *Belt conveyors for bulk materials*. CEMA, 1966.

volume 5

Teoria e Prática do Tratamento de Minérios

Arthur Pinto Chaves
e colaboradores

Manuseio de sólidos granulados



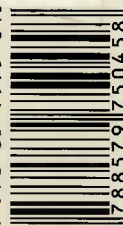
O manuseio de sólidos granulados é um conjunto de operações que ganha cada vez mais importância em diversas atividades industriais, em razão de volumes crescentes de produção e a necessidade de trabalhar com espaços mais exíguos, exigindo tanto soluções operacionais inovadoras como equipamentos mais eficientes.

Neste volume 5 da coleção *Teoria e prática do Tratamento de Minérios*, abordam-se de forma didática os principais temas relacionados ao manuseio e estocagem de sólidos granulados, como estocagem em pilhas e silos, alimentadores, transportadores de correia, amostragem e disposição de rejeitos.

Repleto de ilustrações e exercícios resolvidos, esta é uma referência essencial para acadêmicos, estudantes e profissionais das áreas Mineração e Metalurgia.

Parceria
Oficina
de Textos
& Signus

ISBN 978-85-7975-045-8



9 788579 175045

Teoria e Prática do Tratamento de Minérios

Manuseio de sólidos granulados

2.7
1982
1.5
2.2
na de Textos

2ª edição | revista e aprimorada

oficina de Textos